

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-112294

(P2002-112294A)

(43)公開日 平成14年4月12日 (2002.4.12)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>8</sup> (参考)
H 04 Q	3/52	H 04 Q	3/52
G 02 F	1/31	G 02 F	1/31
H 04 J	14/00	H 04 B	9/00
	14/02		D
	14/08		U

審査請求 未請求 請求項の数 8 O.L. (全 23 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-304315(P2000-304315)

(22)出願日 平成12年10月4日 (2000.10.4)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72)発明者 友藤 博朗

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 尾中 寛

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100078330

弁理士 笠島 富二雄

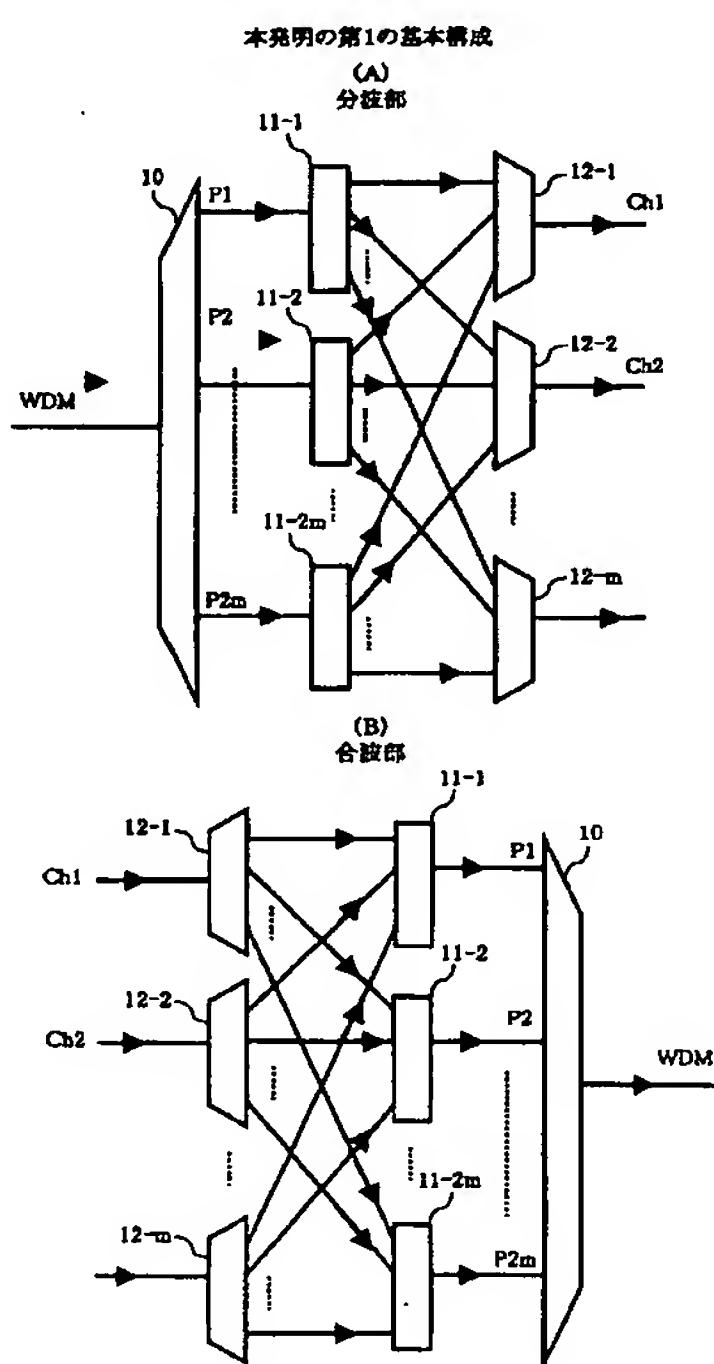
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 波長多重光通信システム

(57)【要約】

【課題】 波長間隔の異なる複数のビットレートの光信号を効率的に配置することができるWDM光通信システムを提供する。

【解決手段】 本発明のWDM光通信システムに適用される、例えば、分波部の基本構成は、最小の波長間隔に応じて設定された複数の波長領域に従ってWDM信号光を2m個に分波する分波器10と、該分波器10からの光が入力される1つの入力ポートおよび複数の出力ポートを有し、該複数の出力ポートのうちのいずれか1つを選択して入力ポートに接続する2m個の光スイッチ11-1～11-2mと、該光スイッチ11-1～11-2mの各出力光を合波するm個の合波器12-1～12-mとを備え、各光信号に対する帯域幅が各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように、各光スイッチ11-1～11-2mのスイッチ動作が設定される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号が所定の信号波長帯域内に配置された波長多重信号光を伝送する波長多重光通信システムであって、最小の波長配置間隔に応じて設定した波長幅単位を基準として前記信号波長帯域を区分した複数の波長領域に従って、波長多重信号光を分波し複数の光信号を生成する分波処理および複数の光信号を合波し波長多重信号光を生成する合波処理のうちの少なくとも一方を行うとき、各光信号についての帯域幅を前記波長幅単位の整数倍に設定可能な信号処理部を有し、該信号処理部では、ビットレートの異なる光信号に対する前記各帯域幅が、各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように設定されることを特徴とする波長多重光通信システム。

【請求項2】波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号が所定の信号波長帯域内に配置された波長多重信号光を送信する光送信端局装置であって、最小の波長配置間隔に応じて設定した波長幅単位を基準として前記信号波長帯域を区分した複数の波長領域に従って、複数の光信号を合波し波長多重信号光を生成する合波処理を行うとき、各光信号についての帯域幅を前記波長幅単位の整数倍に設定可能な合波部を有し、該合波部では、ビットレートの異なる光信号に対する前記各帯域幅が、各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように設定されることを特徴とする光送信端局装置。

【請求項3】請求項2に記載の光送信端局装置であつて、波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号をそれぞれ発生して前記合波部に送る複数の光送信器を備え、前記合波部が、前記各光送信器からの光信号を前記波長領域の数に対応させてそれぞれ分波する複数の分波器と、該各分波器からの光が入力される複数の入力ポートおよび1つの出力ポートを有し、前記複数の入力ポートのうちのいずれか1つを選択して前記出力ポートに接続する、前記波長領域の数に対応した個数の光スイッチと、該各光スイッチからの光を前記複数の波長領域に従って合波し波長多重信号光を生成する合波器と、前記各光送信器で発生する光信号のビットレートおよび波長配置に関する送信情報に応じて、前記各光信号に対する帯域幅が各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように前記各光スイッチの動作設定を制御する制御回路と、を有することを特徴とする光送信端局装置。

【請求項4】請求項3に記載の光送信端局装置であつて、前記複数の分波器に代えて、前記複数の光送信器からの

各光信号を、最大の波長配置間隔を最小の波長配置間隔で割った値に対応したグループに区分して合波する前段合波器と、グループごとに合波された各光を前記波長領域の数に対応させてそれぞれ分波する後段分波器とを設け、前記各光スイッチの入力ポート数を、最大の波長配置間隔を最小の波長配置間隔で割った値に対応する個数にしたことを特徴とする光送信端局装置。

【請求項5】波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号が所定の信号波長帯域内に配置された波長多重信号光を受信する光受信端局装置であって、最小の波長配置間隔に応じて設定した波長幅単位を基準として前記信号波長帯域を区分した複数の波長領域に従って、波長多重信号光を分波し複数の光信号を生成する分波処理を行うとき、各光信号についての帯域幅を前記波長幅単位の整数倍に設定可能な分波部を有し、該分波部では、ビットレートの異なる光信号に対する前記各帯域幅が、各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように設定されることを特徴とする光受信端局装置。

【請求項6】請求項5に記載の光受信端局装置であつて、前記分波部で分波された各光信号をそれぞれ受信処理する複数の光受信器を備え、前記分波部が、波長多重信号光を前記複数の波長領域に従って分波する分波器と、該分波器からの光が入力される1つの入力ポートおよび複数の出力ポートを有し、該複数の出力ポートのうちのいずれか1つを選択して前記入力ポートに接続する、前記波長領域の数に対応した個数の光スイッチと、前記各光スイッチの1つの出力ポートにそれぞれ接続し、各々の光スイッチからの光を合波して生成した光信号を前記光受信器に送る、前記光スイッチの出力ポート数に対応した個数の合波器と、前記波長多重信号光に含まれる各光信号のビットレートおよび波長配置に関する送信情報に応じて、前記各光信号に対する帯域幅が各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように前記各光スイッチの動作設定を制御する制御回路と、を有することを特徴とする光受信端局装置。

【請求項7】請求項6に記載の光受信端局装置であつて、前記光スイッチの出力ポート数に対応した個数の合波器に代えて、前記各光スイッチからの光を、最大の波長配置間隔を最小の波長配置間隔で割った値に対応したグループに区分して合波する前段合波器と、前記グループごとに合波された各光をそれぞれ分波して生成した各光信号を前記光受信器に送る後段分波器とを設け、前記各光スイッチの出力ポート数を、最大の波長配置間隔を最小の波長配置間隔で割った値に対応する個数にしたことを

特徴とする光受信端局装置。

【請求項8】波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号が所定の信号波長帯域内に配置された波長多重信号光について、光信号の分岐挿入を行う光分岐挿入装置であって、

最小の波長配置間隔に応じて設定した波長幅単位を基準として前記信号波長帯域を区分した複数の波長領域に従って、波長多重信号光を分波し複数の光信号を生成する分波処理および複数の光信号を合波し波長多重信号光を生成する合波処理をそれぞれ行うとき、各光信号についての帯域幅を前記波長幅単位の整数倍に設定可能な分波部および合波部を有し、該分波部および合波部では、ビットレートの異なる光信号に対する前記各帯域幅が、各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように設定されることを特徴とする光分岐挿入装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長の異なる複数の光信号を一括して伝送する波長多重 (Wavelength-Division Multiplexing: WDM) 光通信システムに関し、特に、波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号を効率的に収容する、光送信端局装置、光受信端局装置および光分岐挿入装置、並びに、それらの装置を用いて構成されるWDM光通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、マルチメディアネットワークを目指し、さらなる超長距離・大容量の光通信システムが求められ、また、これを用いた光波ネットワークの構築も要求されている。WDM方式は、大容量化を実現する方法の1つであって研究開発が盛んに行われている。

【0003】さらに、WDM光通信システムにおいては、光送受信器の電子回路における高速化の進展応じて1波長当たりの伝送速度（ビットレート）を高速化し、伝送容量の拡大を図ることが求められる。このため、より高速の伝送速度に対応できるアップグレーダビリティ（upgradability）と、40Gb/s, 10Gb/s, 2.5Gb/s等の複数のビットレートの光信号が混在した状態での使用とが求められている。

【0004】現在開発が進められているWDM光通信システムとしては、例えば、最高伝送速度が10Gb/s程度であって波長間隔（波長配置間隔）を50GHz等としたシステムがある。このようなWDM光通信システムを構成する、光送信端局装置、光受信端局装置および光分岐挿入装置では、各波長（各チャンネル）の光信号を合波したり、また、各波長ごとに分波したりする処理が行われる。このような各波長間の合分波時には、一般に光フィルタ等が用いられることになるため、各チャンネルにおけるフィルタ帯域内の平坦性が重要となる。すなわち、平坦性が十分でないと、信号光成分の一部が削られて波形歪みを発生するようになってしまふため、伝

送速度が高速になればなるほど、広い帯域に亘る平坦性が求められる。また、光分岐挿入装置等が伝送路内に多数挿入されれば、通過するフィルタ数が増加するため、より厳しい平坦度が求められるようになる。

【0005】フィルタ帯域内の平坦性を満足するため、例えば、10Gb/sの光信号を50GHz間隔で伝送する場合には、インターリーバと呼ばれる光フィルタと、AWGや膜フィルタ等を利用して100GHz間隔若しくは200GHz間隔で光信号を分波または合波する光フィルタなどを組み合わせて用いる技術が知られている。この従来技術では、例えばWDM信号光の分波を行う場合、WDM信号光がインターリーバを用いて2つの信号群に分波され、さらに、各信号群の光がAWGや膜フィルタ等を利用して光フィルタによって各々の波長の光信号に分波される。上記のインターリーバは、図17に示すように、50GHz間隔の入力信号（図の上段）を、100GHz間隔の信号群A（図の実線）と、該信号群Aに対して50GHzだけ波長シフトした100GHz間隔の信号群B（図の点線）とに分波する機能を有する公知の光フィルタである。なお、図17の中段および下段には、信号群Aに対応したインターリーバの出力信号および分波特性が示してある。

【0006】AWGや膜フィルタ等を利用して50GHz間隔の光信号光を分波しようとすると、フィルタ帯域内の平坦性の確保が困難になつてしまうが、上記のようにインターリーバを用いて100GHz間隔の信号に分離することでAWGや膜フィルタ等のフィルタ帯域幅が広げられるため、帯域平坦性が得られやすくなる。

【0007】なお、ここではWDM信号光を各波長に分波する場合を示したが、各波長の光信号を50GHz間隔で合波する場合についても、上記合波時における光信号の入出力関係を逆にすることで同様にして各光信号を合波することができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記のような従来のWDM光通信システムでは、所定の波長帯域内にできるだけ多くの光信号を収容するために、各光信号の波長間隔を狭くしようとする傾向にある。しかしながら、各波長の光信号に対しては伝送速度に応じた所要の帯域幅が存在するため、波長間隔を狭くしようとしても限界がある。すなわち、光信号の伝送速度が高速になると上記所要の帯域幅が広くなるため、各光信号の波長間隔を狭くし過ぎるとそのような帯域幅を確保することが不可能となり伝送できなくなってしまうという問題が発生する。

【0009】例えば、伝送速度が40Gb/sの光信号を50GHz間隔で伝送しようとすると、隣接波長からのクロストークが予想され、そのような波長間隔での光伝送は困難であると考えられている。このため、40Gb/s

b/sのWDM光通信システムでは、波長間隔を100GHzとした検討が行われている。また、前述したようにWDM光通信システムに対しては、各種ビットレートの光信号が混在した状態での使用や、高速ビットレートへのアップグレーダビリティが求められている。従来のWDM光通信システムにおいて各種ビットレートの光信号を混在させて使用するには、システムがサポートする最大ビットレートの光信号に合わせて最初（設計段階）から波長間隔を選択する必要があるため、ビットレートの低い光信号についての収容効率が悪くなってしまうという問題がある。さらに、既存の1つのビットレートに対応させて波長間隔を最適化したようなシステムでは、ビットレートが高速化した場合、すべてのチャンネルについてビットレートを高くするとともに、光合分波器等を交換または削除する必要が生じる。このため、ビットレートの高速化に対して柔軟に対応することが難しいという問題もある。

【0010】本発明は上記の点に着目してなされたもので、波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号を効率的に波長配置することができ、また、高速ビットレートへのアップグレードに柔軟に対応することが可能なWDM光通信システムを提供することを目的とする。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明によるWDM光通信システムは、波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号が所定の信号波長帯域内に配置された波長多重信号光を伝送する波長多重光通信システムであって、最小の波長配置間隔に応じて設定した波長幅単位を基準として信号波長帯域を区分した複数の波長領域に従って、波長多重信号光を分波し複数の光信号を生成する分波処理および複数の光信号を合波し波長多重信号光を生成する合波処理のうちの少なくとも一方を行うとき、各光信号についての帯域幅を波長幅単位の整数倍に設定可能な信号処理部を有し、該信号処理部では、ビットレートの異なる光信号に対する各帯域幅が、各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように設定されるものである。

【0012】かかるWDM光通信システムでは、WDM信号光の信号波長帯域を波長幅単位で区分した複数の波長領域に従って行われる分波処理または合波処理が、各光信号についての帯域幅を波長幅単位の整数倍とともに、各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致させた状態で行われるため、各々のビットレートに対応した所要の帯域幅を確保した状態で各光信号を分波または合波することができる。これにより、波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号を効率的に収容したWDM光通信を実現することが可能になる。

【0013】上記のような本発明による技術は、具体的には、光送信端局装置、光受信端局装置および光分岐挿入装置にそれぞれ適用することが可能である。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】まず最初に、本発明の基本構成について図面を用いて説明する。図1は、WDM光通信システムに適用される本発明の第1の基本構成を示すブロック図であって、（A）はWDM信号光を各波長に分波する分波部の構成、（B）は各波長の光信号を合波する合波部の構成である。また、図2は、図1の基本構成に対応した波長領域の割り当て例を示す図である。なお、以下の説明では、分波部の構成について述べることにして、合波部の構成については、分波部における入出力関係を逆にすることで同様にして考えることができるため、対応する部分に同一の符号を付して説明を省略することにする。

【0015】図1（A）において、分波部は、入力されるWDM信号光を複数（図では2m個）の波長領域ごとに分波して出力する分波器10と、分波器10の各出力ポートP1～P2mに対応させてそれぞれ設けられた2m個の1入力m出力（1×m）光スイッチ11-1, 11-2, …, 11-2mと、各光スイッチ11-1～11-2mからの出力信号を合波して出力するm個の合波器12-1, 12-2, …, 12-mとを備えて構成される。

【0016】ここでは、分波部に入力されるWDM信号光が、低速ビットレートの光信号および高速ビットレートの光信号を含むものとする。このWDM信号光は、例えば図2の上段に示すように、 $\Delta\lambda_T$ の信号波長帯域を有し、その信号波長帯域 $\Delta\lambda_T$ 内に、低速ビットレートの光信号が波長間隔 $\Delta\lambda_1$ で配置され、高速ビットレートの光信号が波長間隔 $\Delta\lambda_2$ で配置される。高速ビットレートの波長間隔 $\Delta\lambda_2$ は、一般に低速ビットレートの波長間隔 $\Delta\lambda_1$ の整数倍で与えられるので、Rを整数として $\Delta\lambda_2/\Delta\lambda_1=R$ の関係が成り立つものとする。なお、低速ビットレートにおける波長間隔 $\Delta\lambda_1$ について、信号波長帯域 $\Delta\lambda_T$ 内に配置可能な最大の光信号数をここではm（=  $\Delta\lambda_T/\Delta\lambda_1$ ）とする。

【0017】分波器10は、信号波長帯域 $\Delta\lambda_T$ を2m個に区分した波長領域B1, B2, B3, …, B2m（図2の下段を参照のこと）に従って入力信号光を分波し、それらの各光を各波長領域B1～B2mに対応した各々の出力ポートP1～P2mにそれぞれ出力する波長選択素子である。この分波器10としては、例えば、回折格子や分光器（プリズム）などを用いることが可能である。また、回折格子の代わりとして、文献：M. Shirasaki, A.N. Akhter, C. Lin "Virtually Imaged Phase Array with Graded Reflectivity", IEEE Photon. technol. lett., vol.11, No.11, November 1999や文献：M. Shirasaki, "Large angular dispersion by virtually imaged phase array and its application to wavelength demultiplexer", OPTICS LETTERS, Vol. 21, No. 5, March 1, 1996等に記載されたVIA（Virtually-Imaged Phased-

Array) を使用することもできる。このVIPAを用いれば、分散角を大きくとれ、分波部の小型化を図ることができる。

【0018】上記の各波長領域B1～B2mは、低速ビットレートの波長間隔 $\Delta\lambda_1$ を1/2倍した波長幅(波長幅単位)をそれぞれ有することになる。波長領域B1～B2mの具体的な設定例としては、ITUで標準化されたグリッド波長(波長間隔100GHz)の間をさらに整数倍(特に2倍または4倍)に分割した領域とすることが可能である。

【0019】 $1 \times m$ 光スイッチ $11-1 \sim 11-2m$ は、それぞれ、1つの入力ポートとm個の出力ポートとを有し、入力ポートに入力された分波器10からの光をm個の出力ポートのいずれか1つに切り替えて出力する一般的な光スイッチである。このような各光スイッチ $11-1 \sim 11-2m$ の具体例としては、MEMS(Micro-ElectroMechanical System)スイッチなどが挙げられる。なお、MEMSスイッチは、例えばAT&T社により発表された"Optical-Layer Networking: Opportunities for and Progress in Lightwave Micromachines", OFC 2000 Tutorials等に記載されている公知の光スイッチである。各 $1 \times m$ 光スイッチ $11-1 \sim 11-2m$ は、空間に連続的に配置され、分波器10で空間上に連続的に分光された光を各々の光スイッチの入力ポートで受け、いずれか1つの出力ポートに出力する。

【0020】合波器 $12-1 \sim 12-m$ は、それぞれ、各光スイッチ $11-1 \sim 11-2m$ に対応した2m個の入力ポートを有し、各入力ポートに入力される光信号を合波して1つの出力ポートから外部に出力する一般的な光合波デバイスである。各合波器 $12-1 \sim 12-m$ の具体例としては、回折格子や分光器(プリズム)などが挙げられる。

【0021】次に、上記のような第1の基本構成を有する分波部の動作について説明する。ここでは、例えば図2の中段に示すように、高速ビットレートの光信号Ch1, Ch2および低速ビットレートの光信号Ch3, Ch4, … Chx(ただし $x < m$ )が信号波長帯域 $\Delta\lambda_T$ の短波長側から順に所要の波長間隔で配置されたWDM信号光が分波器10に入力されるものとする。このようなWDM信号光が入力された分波器10では、波長領域B1～B2mに従ってWDM信号光が分波され、波長領域B1に対応する光成分が出力ポートP1を介して光スイッチ $11-1$ に送られ、波長領域B2に対応する光成分が出力ポートP2を介して光スイッチ $11-2$ に送られ、以降同様にして、各波長領域B3～B2mに対応する各光成分が各々の光スイッチ $11-3 \sim 11-2m$ にそれぞれ送られる。

【0022】各光スイッチ $11-1 \sim 11-2m$ では、分光器10から入力ポートに送られてきた光が、光信号の波長配置に応じて予め設定された1つの出力ポートか

ら出力される。ここでは、図2の中段に示した各チャネルの光信号Ch1～Chxの波長配置に応じて各光スイッチ $11-1 \sim 11-2m$ の切り替え動作が設定される。具体的には、高速ビットレートの光信号Ch1に対応して、光スイッチ $11-1 \sim 11-4$ のスイッチ動作が、m個の出力ポートのうちの合波器 $12-1$ に接続される出力ポートを選択するように設定され、高速ビットレートの光信号Ch2に対応して、光スイッチ $11-5 \sim 11-8$ のスイッチ動作が、合波器 $12-2$ に接続される出力ポートを選択するように設定される。また、低速ビットレートの光信号Ch3に対応して、光スイッチ $11-10, 11-11$ のスイッチ動作が、合波器 $12-3$ に接続される出力ポートを選択するように設定され、低速ビットレートの光信号Ch4に対応して、光スイッチ $11-12, 11-13$ のスイッチ動作が、合波器 $12-4$ に接続される出力ポートを選択するように設定され、以降同様に、低速ビットレートの光信号Ch5～Chxに対応して各光スイッチのスイッチ動作が順次設定される。

【0023】したがって、WDM信号光に含まれる各チャネルの光信号Ch1～Chxは、分波器10および光スイッチ $11-1 \sim 11-2m$ を通過することで、各々のチャネル番号に対応した合波器 $12-1 \sim 12-x$ に送られることになる。そして、各合波器 $12-1 \sim 12-x$ では、各光スイッチから送られてきた各光成分が合波されて出力される。

【0024】ここで、図1(B)に示した第1の基本構成を有する合波部の動作についても簡単に説明しておく。第1の基本構成を有する合波部では、例えば図2の中段に示したような高速ビットレートの光信号Ch1, Ch2が分波器 $12-1, 12-2$ にそれぞれ入力され、低速ビットレートの光信号Ch3～Chxが分波器 $12-3 \sim 12-x$ にそれぞれ入力されることになる。各分波器 $12-1 \sim 12-x$ では、入力された光信号を2m個に分岐して $m \times 1$ 光スイッチ $11-1 \sim 11-2m$ にそれぞれ出力する。各光スイッチ $11-1 \sim 11-2m$ は、m個の入力ポートおよび1つの出力ポートを有し、各光信号Ch1～Chxの波長配置に応じて予め設定された1つの入力ポートが選択されるようにスイッチ動作する。

具体的には、高速ビットレートの光信号Ch1に対応して、光スイッチ $11-1 \sim 11-4$ では分波器 $12-1$ からの光を受ける入力ポートが選択され、高速ビットレートの光信号Ch2に対応して、光スイッチ $11-5 \sim 11-8$ では分波器 $12-2$ からの光を受ける入力ポートが選択される。また、低速ビットレートの光信号Ch3に対応して、光スイッチ $11-10, 11-11$ では分波器 $12-3$ からの光を受ける入力ポートが選択され、低速ビットレートの光信号Ch4に対応して、光スイッチ $11-12, 11-13$ では分波器 $12-4$ からの光を受ける入力ポートが選択され、以降同様

に、低速ビットレートの光信号Ch5～Chxに対応して各光スイッチがスイッチ動作する。そして、合波器10では、各光スイッチ11-1～11-2mからの光が合波されてWDM信号光が出力される。

【0025】このように第1の基本構成を有する分波部または合波部によれば、各チャンネルの光信号Ch1～Chxを、各々のビットレートに対応した所要の帯域幅を確保した状態で分波または合波することができる。このため、低速ビットレートの光信号および高速ビットレートの光信号が混在した光通信を、信号収容効率を低下させることなく実現することが可能になる。

【0026】なお、上記第1の基本構成では、低速ビットレートについて配置可能な最大の光信号数mに対応させて、m個の出力ポート（または入力ポート）を有する光スイッチ11-1～11-2mを用いるようにしたが、WDM信号光に含まれる各光信号の波長配置が規則性（例えば、上述したようにチャンネル番号に従って短波長側から順に配置されるような規則性など）を有している場合には、各光スイッチの出力方路範囲（または入力方路範囲）を固定することができるため、ポート数の少ない光スイッチを使用することも可能である。

【0027】次に、本発明のWDM光通信システムに適用される第2の基本構成について説明する。図3は、第2の基本構成を示すブロック図であって、（A）は光信号を各波長に分波する分波部の構成、（B）は各波長の光信号を合波する合波部の構成である。また、図4は、図3の基本構成に対応した波長領域の割り当て例を示す図である。なお、ここでも第1の基本構成の場合と同様に、分波部の構成についてのみ説明を行い、合波部の構成については分波部に対応する部分に同一の符号を付して説明を省略することにする。

【0028】図3（A）に示す分波部の基本構成は、図1（A）に示した第1の基本構成について、 $1 \times m$ 光スイッチ11-1～11-2mに代えて $1 \times R$ 光スイッチ11-1'～11-2m'を用い、R個の合波器12-1～12-R（前段合波器）を設けるとともに、各合波器12-1～12-Rからの出力光をそれぞれ分波するR個の分波器13-1～13-R（後段分波器）を設けるようにしたものである。なお、前述したようにRは、高速ビットレートの波長間隔 $\Delta \lambda 2$ と低速ビットレートの波長間隔 $\Delta \lambda 1$ との比を表す整数である（ $R = \Delta \lambda 2 / \Delta \lambda 1$ ）。

【0029】 $1 \times R$ 光スイッチ11-1'～11-2m'は、それぞれ、1つの入力ポートとR個の出力ポートとを有し、入力ポートに入力された分波器10からの光をR個の出力ポートのいずれか1つに切り替えて出力する一般的な光スイッチである。具体的な $1 \times R$ 光スイッチとしては、例えば、前述したMEMSスイッチなどを用いることが可能である。また、R=2となる場合には、 $1 \times 2$ 光スイッチとして液晶シャッタスイッチを用

いることもできる。具体的には、例えば、文献：J.S.Patel他，“Liquid crystal and grating-based multiple-wavelength cross-connect switch”，IEEE Photon. technol. lett., vol.7, No.5, May, 1995等に記載されているような液晶シャッタスイッチを用いることが可能である。

【0030】分波器13-1～13-Rは、波長間隔 $\Delta \lambda 2$ に対応して分波特性が周期的に変化し、高速ビットレートの光信号を分波するのに十分な波長平坦性を有する公知の光フィルタである。また、各分波器13-1～13-Rは、各々のフィルタ中心波長が互いに波長間隔 $\Delta \lambda 1$ だけ異なるように予め設定されている。具体的な各分波器13-1～13-Rとしては、例えば、従来のAWGや膜フィルタ等を利用した光フィルタを利用することができる、また、このような従来の光フィルタとインターリーバとを組み合わせて構成してもよい。

【0031】次に、上記のような第2の基本構成を有する分波部の動作について説明する。ここでも第1の基本構成の場合と同様に、図4の上段に示すような高速ビットレートの光信号Ch1, Ch2および低速ビットレートの光信号Ch3～Chxを含んだWDM信号光が分波器10に入力されるものとする。さらに、ここでは高速ビットレートについての波長間隔 $\Delta \lambda 2$ を100GHzとし、低速ビットレートについての波長間隔 $\Delta \lambda 1$ を50GHzとした場合を想定して説明を行うことにする。この場合には、 $R = \Delta \lambda 2 / \Delta \lambda 1 = 2$ となり、光スイッチ11-1'～11-2m'として規模の小さい（出力ポート数の少ない） $1 \times 2$ 光スイッチを用いることが可能になる。

【0032】上記のようなWDM信号光が入力された分波器10では、図4の中段に示す波長領域B1～B2mに従ってWDM信号光が分波され、波長領域B1～B2mに対応する各光成分が出力ポートP1～P2mを介して光スイッチ11-1'～11-2m'にそれぞれ送られる。各光スイッチ11-1'～11-2m'では、分光器10から入力ポートに送られてきた光が、光信号の波長配置に応じて予め設定された1つの出力ポートから出力される。ここでは、図4の中段に示すように、光信号Ch1, Ch2, Ch3, Ch5, …（光信号Ch1に対して中心波長が100GHzの間隔でシフトしている各光信号）に対応して、光スイッチ11-1'～11-8', 11-10', 11-11', 11-14', 11-15'，…のスイッチ動作が、 $R = 2$ 個の出力ポートのうちの合波器12-1に接続される出力ポートを選択するように設定され、また、上記各光信号Ch1, Ch2, Ch3, Ch5, …に対して中心波長が50GHzシフトしている光信号Ch4, …Chxに対応して、光スイッチ11-12', 11-13', …のスイッチ動作が、合波器12-2に接続される出力ポートを選択するように設定される。

【0033】これにより、WDM信号光が分波器10および各光スイッチを通過することで、光信号Ch1, Ch2, Ch3, Ch5, …は合波器12-1に送られることになり、光信号Ch4, …Chxは合波器12-2に送られることになる。そして、各合波器12-1, 12-2では、各光スイッチから送られてきた各光成分が合波されて、分波器13-1, 13-2にそれぞれ出力される。図4の中段下側には、各分波器13-1, 13-2に入力される光信号の様子が示してある。

【0034】各分波器13-1, 13-2では、図4の下段に示すような周期的な分波特性に従って、合波器12-1, 12-2からの出力光が分波され、対応する出力ポートp1, p2…から出力される。図4の設定例では、高速ビットレートの光信号Ch1, Ch2が分波器13-1の出力ポートp1, p2からそれぞれ出力され、低速ビットレートの光信号Ch3, Ch5, …が分波器13-1の出力ポートp3, p4, …からそれぞれ出力される。また、低速ビットレートの光信号Ch4, …, Chxが分波器13-1の出力ポートp3, …p'xからそれぞれ出力される。

【0035】ここで、図4 (B) に示した第2の基本構成を有する合波部の動作についても簡単に説明しておく。第2の基本構成を有する合波部では、高速ビットレートの光信号Ch1, Ch2および低速ビットレートの光信号Ch3, Ch5, …が合波器13-1に入力され、低速ビットレートの光信号Ch4, …, Chxが合波器13-2に入力されることになる。各合波器13-1, 13-2では、入力された各光信号が合波されて分波器12-1, 12-2に送られる。各分波器12-1, 12-2では、合波器13-1, 13-2からの各光が2m個に分波されてR×1 (図4の設定例では2×1) 光スイッチ11-1' ~ 11-2m'にそれぞれ出力される。各光スイッチ11-1' ~ 11-2m'は、R=2個の入力ポートおよび1つの出力ポートを有し、各光信号Ch1~Chxの波長配置に応じて予め設定した1つの入力ポートが選択されるようにスイッチ動作する。具体的には、各光信号Ch1, Ch2, Ch3, Ch5, …に対応して、光スイッチ11-1' ~ 11-8', 11-10', 11-11', 11-14', 11-15', …では分波器12-1からの光を受ける入力ポートが選択され、光信号Ch4, …Chxに対応して、光スイッチ11-12', 11-13', …では分波器12-2からの光を受ける入力ポートが選択される。そして、合波器10では、各光スイッチ11-1' ~ 11-2m'からの光が合波されてWDM信号光が出力される。

【0036】このように第2の基本構成を有する分波部または合波部によっても、第1の基本構成の場合と同様の効果を得ることができるとともに、各ビットレートにおける波長間隔の比Rに対応させて光スイッチの規模を

小さく (入力ポート数を少なく) することが可能になる。以下、上述したような本発明による基本構成をWDM光通信システムに用いられる各種装置に適用した場合の具体的な実施形態について説明することにする。

【0037】図5は、本発明が適用されるWDM光通信システムの全体構成例を示すブロック図である。図5のWDM光通信システムでは、光送信端局装置100と光受信端局装置110の間が光伝送路120により接続され、該光伝送路120上には、光インラインアンプ130および光分岐挿入装置(OADM)140がそれぞれ配置されている。光送信端局装置100には、上述した本発明による合波部の基本構成が適用され、光受信端局装置110には、上述した本発明による分波部の基本構成が適用される。また、光分岐挿入装置140には、本発明による分波部および合波部の各基本構成を組み合わせたものが適用される。

【0038】図6は、本発明による第1の基本構成を適用した光送信端局装置の実施形態を示す構成図である。ただし、上述した基本構成と同様の部分には同一の符号を付して説明を省略し、以下同様とする。図6において、光送信端局装置100は、上述の図1 (B) に示した合波部の基本構成について、例えば、m個の光送信器20-1, 20-2, …, 20-mと、制御回路(CONT)21と、光ポストアンプ22と、監視制御信号処理部23とを設けたものである。

【0039】各光送信器20-1~20-mは、波長が互いに異なる所要のビットレートの光信号を発生し、該光信号を対応する分波器12-1~12-mにそれぞれ送信する公知の光送信器である。また、各光送信器20-1~20-mは、送信する光信号のビットレートおよび波長配置等に関する送信情報を生成して制御回路21に出力する機能をそれぞれ備えている。なお、光送信器の設置台数mは、システムの信号波長帯域( $\Delta\lambda T$ )を、システムがサポートする最小ビットレート時の波長間隔( $\Delta\lambda 1$ )で除算した値によって与えられる。

【0040】制御回路21は、各光送信器20-1~20-mからの送信情報を基に各光信号についてのビットレートおよび波長配置等を把握し、その結果に応じて、各々のビットレートに対応した所要の帯域幅が確保されるように各m×1光スイッチ11-1~11-2mのスイッチ動作を制御するものである。このスイッチ動作の制御は、上述の第1の基本構成において説明した各光スイッチの動作設定と同様にして行われる。

【0041】光ポストアンプ22は、合波器10から出力されるWDM信号光を所要のレベルまで増幅して光伝送路120 (図5) に出力する公知の光増幅器である。なお、この光ポストアンプ22は必要に応じて設ければよく、合波器10から出力されるWDM信号光が十分なレベルにある場合には省略することも可能である。監視制御信号処理部23は、制御回路21からの出力情報に

応じて下流の装置へ伝える監視制御信号（OSC）を発生するOSC用光送信器23Bと、該OSC用光送信器23Bからの監視制御信号を、光ポストアンプ22から出力されるWDM信号光に合波する合波器23Aとからなる。ここでは、制御回路21がWDM信号光に含まれる各光信号についてのビットレートおよび波長配置等の情報を監視制御信号を通じて下流装置へ伝送することになる。

【0042】上記のような構成の光送信端局装置100では、各光送信器20-1～20-mで発生した光信号が対応する分波器12-1～12-mに入力されると、上述した第1の基本構成を有する合波部の場合と同様の動作によって、各波長の光信号が、各々のビットレートに対応した所要の帯域幅を確保した状態で合波されて合波器10から出力される。そして、合波器10から出力されたWDM信号光は光ポストアンプ22で一括増幅された後に光伝送路120に送信される。

【0043】このように本光送信端局装置100によれば、ビットレートの異なる光信号を効率的に波長配置したWDM信号光を光伝送路に送信することが可能になる。図7は、本発明による第2の基本構成を適用した光送信端局装置の実施形態を示す構成図である。図7において、光送信端局装置100'は、上述の図3（B）に示した合波部の基本構成について、例えば、m個の光送信器20-1～20-mと、制御回路（CONT）21と、光ポストアンプ22と、監視制御信号処理部23とを設けたものである。を設けたものである。

【0044】各光送信器20-1～20-m、制御回路21、光ポストアンプ22および監視制御信号処理部23は、前述の図6に示した光送信端局装置100に用いたものと同様の構成である。ただし、ここでは光送信器20-1～20-kで発生した各光信号が合波器13-1にそれぞれ送信され、光送信器20-1～20-mで発生した各光信号が合波器13-Rにそれぞれ送信される（k<1<m）。また、制御回路21によるスイッチ動作の制御は、上述の第2の基本構成において説明した各光スイッチの動作設定と同様にして行われる。

【0045】上記のような構成の光送信端局装置100'では、各光送信器20-1～20-mで発生した光信号が対応する分波器12-1～12-Rに入力されると、上述した第2の基本構成を有する合波部の場合と同様の動作によって、各波長の光信号が、各々のビットレートに対応した所要の帯域幅を確保した状態で合波されて合波器10から出力される。そして、合波器10から出力されたWDM信号光は光ポストアンプ22で一括増幅された後に光伝送路120に送信される。

【0046】ここで、光送信端局装置100'についての具体例として、25GHzの波長間隔に配置する低速ビットレート（例えば2.5Gb/s等）の光信号と、100GHzの波長間隔に配置する高速ビットレート

（例えば40Gb/s等）の光信号とを混在させた場合を説明する。この場合、高速ビットレートの波長間隔と低速ビットレートの波長間隔との比を表す整数Rは、 $100\text{GHz}/25\text{GHz} = 4$ となるため、4つの合波器13-1～13-4および4つの分波器12-1～12-Rが設けられることになる。

【0047】図8は、上記の場合における各光信号の波長配置パターンと各合波器13-1～13-4の合波特性とを示す図である。図8の最上段に示す配置パターン1は、高速ビットレートの光信号が同一の合波器13-1に入力し、低速ビットレートの光信号が連続するように波長配置を考えたときの一例である。なお、配置パターンに対応させて下側に示した数字は、光信号が入力される合波器13-1～13-4を表している。この配置パターン1の場合には、高速ビットレートについて、短波長側の光信号が合波器13-1の入力ポートp1に入力され、長波長側の光信号が合波器13-1の入力ポートp4に入力される。また、低速ビットレートについては、波長が最も短い光信号が合波器13-4の入力ポートp1に入力され、波長が2番目に短い光信号が合波器13-1の入力ポートp2に入力され、波長が3番目に短い光信号が合波器13-2の入力ポートp2に入力され、波長が4番目に短い光信号が合波器13-3の入力ポートp2に入力され、以降同様にして各波長の光信号が各合波器13-1～13-4に周回的に入力される。

【0048】また、配置パターン2は、低速ビットレートの光信号のみが連続するように波長配置を考えたときの一例である。この配置パターン2の場合には、波長の最も短い光信号が合波器13-1の入力ポートp1に入力され、波長が2番目に短い光信号が合波器13-2の入力ポートp1に入力され、波長が3番目に短い光信号が合波器13-3の入力ポートp1に入力され、波長が4番目に短い光信号が合波器13-4の入力ポートp1に入力され、以降同様にして各波長の光信号が各合波器13-1～13-4に周回的に入力される。

【0049】このように本光送信端局装置100'によっても、ビットレートの異なる光信号を効率的に波長配置したWDM信号光を光伝送路に送信することが可能になる。また、入力ポート数の少ない光スイッチを用いることができるため、装置の小型化を図ることができる。なお、上述した光送信端局装置100、100'については、各光信号を合波する際のクロストークの影響を避けるために、例えば、各光送信器20-1～20-mと各分波器12-1～12-Rまたは各合波器13-1～13-Rの入力ポートとの間に、中心波長が光送信器20-1～20-mの各々の波長に一致し、各ビットレートに対応した帯域幅を持つ光バンドパスフィルタを挿入してもよい。また、各光送信器20-1～20-mの出力側に可変光減衰器をそれぞれ設けて、各波長の送信光レベルを調整するようにしても構わない。

【0050】ここで、上記第2の基本構成を適用した光送信端局装置100'の変形例について説明する。図9は、上記変形例の構成を示すブロック図である。図9において、光送信端局装置100"は、前述の図7に示した光送信端局装置100'について、光送信器20-1～20-mを高速ビットレート用と低速ビットレート用とに区別し、高速ビットレート用光送信器から出力される各光信号を合波器13-1で合波して分波器12-1に送るようにし、また、低速ビットレート用光送信器から出力される各光信号を合波器13A, 13Bおよびインターリーバ13Cで合波して分波器12-2に送るようにしたものである。上記以外の構成は、図7に示した光送信端局装置100'の構成と同様である。なお、ここでは、例えば、高速ビットレートを40Gb/s(波長間隔100GHz)とし、低速ビットレートを10Gb/s(波長間隔50GHz)とするものとする。

【0051】高速ビットレート側の合波器13-1、並びに、低速ビットレート側の合波器13A, 13Bは、それぞれ、波長間隔100GHzに対応して合波特性が周期的に変化し、十分な波長平坦性を有する公知の光フィルタが用いられる。また、合波器13A, 13Bについては、各々のフィルタ中心波長が互いに50GHzだけ異なるように予め設定されている。このような合波器としては、例えば、AWGや膜フィルタ等を利用した一般的な光フィルタを用いることが可能である。インターリーバ13Cは、合波器13A, 13Bからそれぞれ出力される100GHz間隔の光信号を合波して50GHz間隔の光信号を生成する公知の光フィルタである。

【0052】このような光送信端局装置100"では、各波長の光信号がビットレートごとにまとめて合波され、また、波長間隔の狭い低速ビットレートの光信号については合波器13A, 13Bおよびインターリーバ13Cの組み合わせによって合波が行われる。そして、前述した光送信端局装置100'の場合と同様にして、高速ビットレートおよび低速ビットレートの混在したWDM信号光が生成され光伝送路に送信されるようになる。したがって、本光送信端局装置100"のような構成としても、光送信端局装置100'の場合と同様の効果を得ることができる。

【0053】次に、本発明による基本構成を適用した光受信端局装置の実施形態について説明する。図10は、本発明による第1の基本構成を適用した光受信端局装置の実施形態を示す構成図である。図10において、光受信端局装置110は、上述の図1(A)に示した分波部の基本構成について、例えば、光プリアンプ30と、m個の光受信器31-1, 31-2, …, 31-mと、監視制御(OSC)信号処理部32と、制御回路(CONT)33と、を設けたものである。

【0054】光プリアンプ30は、光伝送路120(図5)から送られてくるWDM信号光を所要のレベルまで

増幅して分波器10に出力する公知の光増幅器である。各光受信器31-1～31-mは、接続する合波器12-1～12-mから出力される光信号を受信処理することが可能な公知の光受信器である。なお、光受信器の設置台数(最大値)mは、システムの信号波長帯域( $\Delta\lambda_T$ )を、システムがサポートする最小ビットレート時の波長間隔( $\Delta\lambda_1$ )で除算した値によって与えられる。

【0055】OSC信号処理部32は、例えば、光伝送路120から送られるWDM信号光に伴なって伝送される監視制御信号を分波する分波器32Aと、分波された監視制御信号を受信し、監視制御信号によって示される送信情報を識別するOSC用光受信器32Bとを有する。制御回路33は、OSC用光受信器32Bで識別された送信情報を基に、受信したWDM信号光に含まれる各光信号についてのビットレートおよび波長配置等を把握し、その結果に応じて、各々のビットレートに対応した所要の帯域幅が確保されるように各 $1 \times m$ 光スイッチ11-1～11-2mのスイッチ動作を制御するものである。このスイッチ動作の制御は、上述の第1の基本構成において説明した各光スイッチの動作設定と同様にして行われる。

【0056】上記のような構成の光受信端局装置110では、光伝送路120からのWDM信号光が分波器32Aを通過して光プリアンプ30に入力されると、該WDM信号光が所要のレベルまで増幅された後に分波器10に送られる。また、これと同時に、WDM信号光に伴なって送信端局側から伝送される監視制御信号が、分波器32Aで分波されてOSC用光受信器32Bに送られ、WDM信号光に含まれる各光信号についてのビットレートや波長配置等に関する送信情報を識別される。この送信情報は制御回路33に伝えられ、制御回路33では、送信情報に従って各光スイッチ11-1～11-2mの動作制御が行われる。

【0057】分波器10に入力されたWDM信号光は、上述した第1の基本構成を有する分波部の場合と同様の動作によって、各波長の光信号が、各々のビットレートに対応した所要の帯域幅を確保した状態で分波されて、各々に対応する合波器12-1～12-mからそれぞれ出力される。そして、各合波器12-1～12-mから出力された光信号は、対応する光受信器31-1～31-mに送られてそれぞれ受信処理される。

【0058】このように本光受信端局装置110によれば、ビットレートの異なる光信号を含んだWDM信号光を、各々のビットレートに対応した所要の帯域幅を確保して確実に分波し受信処理することが可能になる。図11は、本発明による第2の基本構成を適用した光受信端局装置の実施形態を示す構成図である。

【0059】図11において、光送信端局装置110'は、上述の図3(A)に示した分波部の基本構成について、例えば、光プリアンプ30と、m個の光受信器31

−1, 31−2, …, 31−mと、監視制御(OSC)信号処理部32と、制御回路(CONT)33と、を設けたものである。光プリアンプ30、各光受信器31−1～31−m、OSC信号処理部32および制御回路33は、前述の図10に示した光受信端局装置110に用いたものと同様の構成である。ただし、ここでは分波器13−1で分波された各光信号が光受信器31−1～31−kにそれぞれ送られ、分波器13−Rで分波された各光信号が光受信器31−1～31−mにそれぞれ送られる( $k < 1 < m$ )。また、制御回路33によるスイッチ動作の制御は、上述の第2の基本構成において説明した各光スイッチの動作設定と同様にして行われる。

【0060】上記のような構成の光送信端局装置110'では、光伝送路120からのWDM信号光が分波器32Aおよび光プリアンプ30を介して分波器10に送られるとともに、WDM信号光に伴なって伝送される監視制御信号が分波器32Aを介してOSC用光受信器32Bに送られて送信情報の識別が行われ、制御回路33による各光スイッチ11−1'～11−2m'の動作制御が行われる。

【0061】分波器10に入力されたWDM信号光は、上述した第2の基本構成を有する分波部の場合と同様の動作によって、各波長の光信号が、各々のビットレートに対応した所要の帯域幅を確保した状態で分波されて、各分波器13−1～13−Rからそれぞれ出力される。そして、各分波器13−1～13−Rから出力された光信号は、対応する光受信器31−1～31−mに送られてそれぞれ受信処理される。

【0062】このように本光受信端局装置110'によっても、ビットレートの異なる光信号を含んだWDM信号光を、各々のビットレートに対応した所要の帯域幅を確保して確実に分波し受信処理することが可能になる。ここで、上記第2の基本構成を適用した光受信端局装置110'の変形例について説明する。

【0063】図12は、上記変形例の構成を示すブロック図である。図12において、光受信端局装置110'は、前述の図11に示した光受信端局装置110'について、光受信器31−1～31−mを高速ビットレート用と低速ビットレート用とに区別し、分波器13−1から出力される各光信号を高速ビットレート用光受信器にそれぞれ送り、また、合波器12−2から出力される光信号をインターリーバ13Cおよび分波器13A, 13Bで分波して低速ビットレート用光送信器にそれぞれ送るようにしたものである。上記以外の構成は、図11に示した光受信端局装置110'の構成と同様である。なお、ここでは、例えば、高速ビットレートを40Gb/s(波長間隔100GHz)とし、低速ビットレートを10Gb/s(波長間隔50GHz)とするものとする。

【0064】高速ビットレート側の分波器13−1、並

びに、低速ビットレート側の分波器13A, 13Bは、それぞれ、波長間隔100GHzに対応して分波特性が周期的に変化し、十分な波長平坦性を有する公知の光フィルタが用いられる。また、分波器13A, 13Bについては、各々のフィルタ中心波長が互いに50GHzだけ異なるように予め設定されている。このような分波器としては、例えば、AWGや膜フィルタ等を利用した一般的な光フィルタを用いることが可能である。インターリーバ13Cは、合波器12−2から出力される50GHz間隔の光信号を分波して100GHz間隔の信号群を生成する公知の光フィルタである。

【0065】このような光受信端局装置110'では、WDM信号光がビットレートごとにまとめて分波され、また、波長間隔の狭い低速ビットレートの光信号についてはインターリーバ13Cおよび分波器13A, 13Bの組み合わせによって分波が行われる。これにより、前述した光受信端局装置110'の場合と同様にして、高速ビットレートおよび低速ビットレートの混在したWDM信号光に含まれる各波長の光信号の受信処理が確実に行われるようになる。したがって、本光受信端局装置110'のような構成としても、光受信端局装置110'の場合と同様の効果を得ることができる。

【0066】次に、本発明による基本構成を適用した光分岐挿入装置の実施形態について説明する。図13は、本発明の基本構成を適用した光分岐挿入装置の実施形態を示す構成図である。図13において、光分岐挿入装置140は、上述の図1(A)または図3(A)に示した本発明の基本構成を有する分波部40Aと、上述の図1(B)または図3(B)に示した本発明の基本構成を有する合波部40Bとを組み合わせて構成される。分波部40Aには、光伝送路120(図5)から送られてくるWDM信号光が光プリアンプ43Aを介して入力され、該分波部40Aで分波された各光信号は、対応する2×2光スイッチ41−1～41−mにそれぞれ送られる。合波部40Bには、2×2光スイッチ41−1～41−mおよび可変光減衰器42−1～42−mを通過した各波長の光信号が入力され、該分波部40Aで合波されたWDM信号光は、光プリアンプ43Bを介して再び光伝送路120に送られる。また、光プリアンプ43Aの前段および光プリアンプ43Bの後段には監視制御信号処理部44, 46がそれぞれ設けられ、監視制御信号処理部44で識別された送信情報に従って、分波部40A, 合波部40Bおよび可変光減衰器42−1～42−mの各動作設定を制御する制御回路(CONT)45が設けられる。

【0067】2×2光スイッチ41−1～41−mは、それぞれ2つの入力ポートと2つの出力ポートを有し、一方の入力ポートには分波部40Aから出力される光信号が入力され、他方の入力ポートには本ノードで挿入する光信号が入力される。また、一方の出力ポートからは

対応する可変光減衰器42-1～42-mに送る光信号が出力され、他方の出力ポートからは本ノードで分岐する光信号が出力される。各々のスイッチ動作は、制御回路45からの信号に従って制御される。なお、図13には、制御回路45からの信号が2×2光スイッチ41-mにのみ入力されるように示してあるが、他の2×2光スイッチにも同様にして制御回路45からの信号が入力されているのもとする。

【0068】各可変光減衰器42-1～42-mは、2×2光スイッチ41-1～41-mから出力される各光信号のレベルを調整するためのものであり、各々の光減衰量は、制御回路45からの信号に従って制御される。なお、図13には、制御回路45からの信号が可変光減衰器42-mにのみ入力されるように示してあるが、他の可変光減衰器にも同様にして制御回路45からの信号が入力されているのもとする。

【0069】監視制御信号処理部44は、光伝送路120からのWDM信号光に伴なって伝送される監視制御信号を分波する分波器44Aと、分波された監視制御信号を受信し、監視制御信号によって示される送信情報を識別するOSC用光受信器44Bとを有し、OSC用光受信器44Bで識別した送信情報を制御回路45に伝える。また、監視制御信号処理部46は、制御回路45から送られる送信情報に応じて光受信端局側に伝える監視制御信号を発生するOSC用光送信器46Bと、該OSC用光送信器46Bからの監視制御信号を、光プリアンプ43から出力されるWDM信号光に合波する合波器46Aとを有する。

【0070】制御回路45は、OSC用光受信器44Bからの送信情報を基に、受信したWDM信号光に含まれる各光信号についてのビットレートおよび波長配置等を把握するとともに、本ノードで挿入または分岐される光信号についてのビットレートおよび波長配置等を把握して、分波部40Aおよび合波部40Bの各光スイッチの動作設定、並びに、各可変光減衰器42-1～42-mの光減衰量の設定をそれぞれ制御する制御信号を生成する。

【0071】ここで、上記のような光分岐挿入装置140の具体的な一例として、上述の図1に示した第1の基本構成を分波部40Aおよび合波部40Bにそれぞれ適用した場合の構成を図14に示しておく。図14の具体的な構成では、分波部40A内の合波器12-1～12-mの各出力ポートと、2×2光スイッチ41-1～41-mの各入力ポートとがそれぞれ接続され、また、可変光減衰器42-1～42-mの各出力端子と、合波部40B内の分波器12-1～12-mの各入力ポートとがそれぞれ接続されることになる。

【0072】なお、ここでは分波部40Aおよび合波部40Bの具体的な構成として第1の基本構成を適用した場合を示したが、もちろん、上述の図3に示した第2の

基本構成を分波部40Aおよび合波部40Bに適用してもよい。また、上述の図9および図12に示したような第2の基本構成を変形させた構成を分波部40Aおよび合波部40Bに適用することも可能である。

【0073】上記のような光分岐挿入装置140では、光伝送路120からのWDM信号光が分波器44Aを通過して光プリアンプ30に入力されると、該WDM信号光が所要のレベルまで増幅された後に分波部40Aに送られる。また、これと同時に、WDM信号光に伴なって送信端局側から伝送される監視制御信号が、分波器44Aで分波されてOSC用光受信器44Bに送られ、WDM信号光に含まれる各光信号についての送信情報が識別されて制御回路45に伝えられる。制御回路45では、OSC用光受信器44Bからの送信情報に従って、分波部40A内の各光スイッチの動作制御が行われるとともに、本ノードで挿入または分岐される光信号についてのビットレートや波長配置等をも加えた情報に従って、合波部40B内の各光スイッチの動作制御が行われる。

【0074】分波部40Aに入力されたWDM信号光は、各波長の光信号が各々のビットレートに対応した所要の帯域幅を確保した状態で分波されて、各々に対応する合波器12-1～12-mから2×2光スイッチ41-1～41-mにそれぞれ出力される。各2×2光スイッチ41-1～41-mでは、分岐部40Aからの光信号を本ノードにおいて通過させる場合、分岐部40Aに接続する入力ポートと可変光減衰器42-1～42-mに接続する出力ポートとの間が接続され、また、本ノードで光信号を分岐する場合には、分岐部40Aに接続する入力ポートと可変光減衰器42-1～42-mに接続されていない出力ポートとの間が接続され、さらに、本ノードで光信号を挿入する場合には、分岐部40Aに接続されていない入力ポートと可変光減衰器42-1～42-mに接続する出力ポートとの間が接続される。そして、各2×2光スイッチ41-1～41-mを通じて各々の可変光減衰器42-1～42-mに送られてきた光信号は、所要のレベルに調整された後に合波部40Bに送られる。

【0075】合波部40Bに入力された各光信号は、各々のビットレートに対応した所要の帯域幅を確保した状態で合波され、光プリアンプ43Bおよび合波器46Aを介してWDM信号光が光伝送路120に出力される。また、このWDM信号光には、制御回路45からの送信情報に従ってOSC用光送信器46Bで生成された監視制御信号が合波される。

【0076】このように本光分岐挿入装置140によれば、各波長の光信号を各々のビットレートに対応した所要の帯域幅を確保した状態で確実に分波および合波することが可能になる。なお、上述した光分岐挿入装置140の実施形態では、本ノードで挿入する光信号が各2×2光スイッチ41-1～41-mに直接入力される場合

を示したが、例えば図15に示すように、挿入する光信号の信号波長帯域に応じたバンド幅を有する光バンドパスフィルタ47を各 $2 \times 2$ 光スイッチ41-1～41-mの前段に挿入するようにしてもよい。これにより、信号スペクトルの広がりによって他の信号波長帯域へ漏れ込む成分を削除できるため、クロストーク量の低減を図ることが可能になる。このようにクロストーク量の低減が図られた構成では、合波部40Bとして一般的な光力増幅器を用いることも可能である。

【0077】また、上述した光分岐挿入装置140の実施形態では、分波部40Aから出力される各波長の光信号について、それぞれ $2 \times 2$ 光スイッチ41-1～41-mを設ける構成を示したが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、該当するノードでは高速ビットレートの光信号または低速ビットレートの光信号のいずれかを挿入または分岐するとした場合には、図16に示すように、分波部40Aから出力される光信号のうちで、挿入または分岐を行わないビットレートの光信号に応じた $2 \times 2$ 光スイッチを省略することが可能である。

【0078】さらに、上述した光送信端局装置、光受信端局装置および光分岐挿入装置の各実施形態では、波長配置間隔の異なる2種類のビットレートの光信号が混在する場合を想定して説明を行ったが、本発明は2種類以上のビットレートの光信号が混在する場合についても同様にして応用することが可能である。

【0079】(付記1) 波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号が所定の信号波長帯域内に配置された波長多重信号光を伝送する波長多重光通信システムであって、最小の波長配置間隔に応じて設定した波長幅単位を基準として前記信号波長帯域を区分した複数の波長領域に従って、波長多重信号光を分波し複数の光信号を生成する分波処理および複数の光信号を合波し波長多重信号光を生成する合波処理のうちの少なくとも一方を行うとき、各光信号についての帯域幅を前記波長幅単位の整数倍に設定可能な信号処理部を有し、該信号処理部では、ビットレートの異なる光信号に対する前記各帯域幅が、各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように設定されることを特徴とする波長多重光通信システム。

【0080】(付記2) 波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号が所定の信号波長帯域内に配置された波長多重信号光を送信する光送信端局装置であって、最小の波長配置間隔に応じて設定した波長幅単位を基準として前記信号波長帯域を区分した複数の波長領域に従って、複数の光信号を合波し波長多重信号光を生成する合波処理を行うとき、各光信号についての帯域幅を前記波長幅単位の整数倍に設定可能な合波部を有し、該合波部では、ビットレートの異なる光信号に対する前記各帯域幅が、各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように設定されることを特徴とする光送信端局装置。

隔に略一致するように設定されることを特徴とする光送信端局装置。

【0081】(付記3) 付記2に記載の光送信端局装置であって、波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号をそれぞれ発生して前記合波部に送る複数の光送信器を備え、前記合波部が、前記各光送信器からの光信号を前記波長領域の数に対応させてそれぞれ分波する複数の分波器と、該各分波器からの光が入力される複数の入力ポートおよび1つの出力ポートを有し、前記複数の入力ポートのうちのいずれか1つを選択して前記出力ポートに接続する、前記波長領域の数に対応した個数の光スイッチと、該各光スイッチからの光を前記複数の波長領域に従って合波し波長多重信号光を生成する合波器と、前記各光送信器で発生する光信号のビットレートおよび波長配置に関する送信情報に応じて、前記各光信号に対する帯域幅が各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように前記各光スイッチの動作設定を制御する制御回路と、を有することを特徴とする光送信端局装置。

【0082】(付記4) 付記3に記載の光送信端局装置であって、前記複数の分波器に代えて、前記複数の光送信器からの各光信号を、最大の波長配置間隔を最小の波長配置間隔で割った値に対応したグループに区分して合波する前段合波器と、グループごとに合波された各光を前記波長領域の数に対応させてそれぞれ分波する後段分波器とを設け、前記各光スイッチの入力ポート数を、最大の波長配置間隔を最小の波長配置間隔で割った値に対応する個数にしたことを特徴とする光送信端局装置。

【0083】(付記5) 付記4に記載の光送信端局装置であって、前記前段合波器は、最大の波長配置間隔に応じて合波特性が周期的に変化し、かつ、互いのフィルタ中心波長が最小の波長配置間隔だけシフトするように予め設定された1組の光フィルタと、該各光フィルタで合波された光を最小の波長配置間隔となるように合波するインターリーバとを含んでいることを特徴とする光送信端局装置。

【0084】(付記6) 波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号が所定の信号波長帯域内に配置された波長多重信号光を受信する光受信端局装置であって、最小の波長配置間隔に応じて設定した波長幅単位を基準として前記信号波長帯域を区分した複数の波長領域に従って、波長多重信号光を分波し複数の光信号を生成する分波処理を行うとき、各光信号についての帯域幅を前記波長幅単位の整数倍に設定可能な分波部を有し、該分波部では、ビットレートの異なる光信号に対する前記各帯域幅が、各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように設定されることを特徴とする光受信端局装置。

【0085】(付記7) 付記6に記載の光受信端局装置であって、前記分波部で分波された各光信号をそれぞ

れ受信処理する複数の光受信器を備え、前記分波部が、波長多重信号光を前記複数の波長領域に従って分波する分波器と、該分波器からの光が入力される1つの入力ポートおよび複数の出力ポートを有し、該複数の出力ポートのうちのいずれか1つを選択して前記入力ポートに接続する、前記波長領域の数に対応した個数の光スイッチと、前記各光スイッチの1つの出力ポートにそれぞれ接続し、各々の光スイッチからの光を合波して生成した光信号を前記光受信器に送る、前記光スイッチの出力ポート数に対応した個数の合波器と、前記波長多重信号光に含まれる各光信号のビットレートおよび波長配置に関する送信情報に応じて、前記各光信号に対する帯域幅が各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように前記各光スイッチの動作設定を制御する制御回路と、を有することを特徴とする光受信端局装置。

【0086】(付記8) 付記7に記載の光受信端局装置であって、前記光スイッチの出力ポート数に対応した個数の合波器に代えて、前記各光スイッチからの光を、最大の波長配置間隔を最小の波長配置間隔で割った値に対応したグループに区分して合波する前段合波器と、前記グループごとに合波された各光をそれぞれ分波して生成した各光信号を前記光受信器に送る後段分波器とを設け、前記各光スイッチの出力ポート数を、最大の波長配置間隔を最小の波長配置間隔で割った値に対応する個数にしたことを特徴とする光受信端局装置。

【0087】(付記9) 付記8に記載の光受信端局装置であって、前記後段分波器は、前段合波器で合波された光を、最大の波長配置間隔に従って配置された第1信号群および該第1信号群とは中心波長が最小の波長配置間隔だけシフトした第2信号群に分波するインターリバと、最大の波長配置間隔に対応して分波特性が周期的に変化し、かつ、互いのフィルタ中心波長が最小の波長配置間隔だけシフトするように予め設定され、前記インターリバからの各信号群をそれぞれ分波する1組の光フィルタと、を含んでいることを特徴とする光受信端局装置。

【0088】(付記10) 波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号が所定の信号波長帯域内に配置された波長多重信号光について、光信号の分岐挿入を行う光分岐挿入装置であって、最小の波長配置間隔に応じて設定した波長幅単位を基準として前記信号波長帯域を区分した複数の波長領域に従って、波長多重信号光を分波し複数の光信号を生成する分波処理および複数の光信号を合波し波長多重信号光を生成する合波処理をそれぞれ行うとき、各光信号についての帯域幅を前記波長幅単位の整数倍に設定可能な分波部および合波部を有し、該分波部および合波部では、ビットレートの異なる光信号に対する前記各帯域幅が、各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように設定されることを特徴とする光分岐挿入装置。

【0089】(付記11) 付記10に記載の光分岐挿入装置であって、前記分波部が、波長多重信号光を前記複数の波長領域に従って分波する分波器と、該分波器からの光が入力される1つの入力ポートおよび複数の出力ポートを有し、該複数の出力ポートのうちのいずれか1つを選択して前記入力ポートに接続する、前記波長領域の数に対応した個数の光スイッチと、前記各光スイッチの1つの出力ポートにそれぞれ接続し、各々の光スイッチからの光を合波して生成した光信号を前記合波部側に送る、前記光スイッチの出力ポート数に対応した個数の合波器と、前記波長多重信号光に含まれる各光信号のビットレートおよび波長配置に関する送信情報に応じて、前記各光信号に対する帯域幅が各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように前記各光スイッチの動作設定を制御する制御回路と、を有することを特徴とする光分岐挿入装置。

【0090】(付記12) 付記11に記載の光分岐挿入装置であって、前記分波部は、前記光スイッチの出力ポート数に対応した個数の合波器に代えて、前記各光スイッチからの光を、最大の波長配置間隔を最小の波長配置間隔で割った値に対応したグループに区分して合波する前段合波器と、前記グループごとに合波された各光をそれぞれ分波して生成した各光信号を前記合波部側に送る後段分波器とを設け、前記各光スイッチの出力ポート数を、最大の波長配置間隔を最小の波長配置間隔で割った値に対応する個数にしたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0091】(付記13) 付記10に記載の光分岐挿入装置であって、前記合波部が、前記分波部側から送られる各光信号を前記波長領域の数に対応させてそれぞれ分波する複数の分波器と、該各分波器からの光が入力される複数の入力ポートおよび1つの出力ポートを有し、前記複数の入力ポートのうちのいずれか1つを選択して前記出力ポートに接続する、前記波長領域の数に対応した個数の光スイッチと、該各光スイッチからの光を前記複数の波長領域に従って合波して波長多重信号光を生成する合波器と、前記波長多重信号光に含まれる各光信号のビットレートおよび波長配置に関する送信情報に応じて、前記各光信号に対する帯域幅が各々のビットレートに対応した波長配置間隔に略一致するように、前記各光スイッチの動作設定をそれぞれ制御する制御回路と、を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0092】(付記14) 付記13に記載の光分岐挿入装置であって、前記合波部は、前記複数の分波器に代えて、前記分波部側からの各光信号を、最大の波長配置間隔を最小の波長配置間隔で割った値に対応したグループに区分して合波する前段合波器と、グループごとに合波された各光を前記波長領域の数に対応させてそれぞれ分波する後段分波器とを設け、前記各光スイッチの入力ポート数を、最大の波長配置間隔を最小の波長配置間隔

で割った値に対応する個数にしたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0093】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、波長配置間隔の異なる複数のビットレートの光信号を効率的に波長配置することが可能であり、かつ、高速ビットレートへのアップグレーダビリティを備えた光送信端局装置、光受信端局装置および光分岐挿入装置を提供することができ、これらの装置を用いてWDM光通信システムを構成することで大容量の光通信が実現可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の基本構成を示すブロック図であって、(A)は分波部の構成、(B)は合波部の構成である。

【図2】本発明の第1の基本構成に対応した波長領域の割り当て等に関する一例を示す図である。

【図3】本発明の第2の基本構成を示すブロック図であって、(A)は分波部の構成、(B)は合波部の構成である。

【図4】本発明の第2の基本構成に対応した波長領域の割り当て等に関する一例を示す図である。

【図5】本発明が適用されるWDM光通信システムの全体構成例を示すブロック図である。

【図6】本発明による第1の基本構成を適用した光送信端局装置の実施形態を示す構成図である。

【図7】本発明による第2の基本構成を適用した光送信端局装置の実施形態を示す構成図である。

【図8】図7の光送信端局装置の動作を説明する図であって、各光信号の波長配置パターンと各合波器の合波特性とを示す図である。

【図9】本発明による第2の基本構成を適用した光送信端局装置の変形例を示す構成図である。

【図10】本発明による第1の基本構成を適用した光受信端局装置の実施形態を示す構成図である。

【図11】本発明による第2の基本構成を適用した光受信端局装置の実施形態を示す構成図である。

【図12】本発明による第2の基本構成を適用した光受信端局装置の変形例を示す構成図である。

【図13】本発明の基本構成を適用した光分岐挿入装置の実施形態を示す構成図である。

【図14】図13の光分岐挿入装置について、図1の第1の基本構成を適用した場合の具体的な構成図である。

【図15】本発明の基本構成を適用した光分岐挿入装置に関する応用例を示す構成図である。

【図16】本発明の基本構成を適用した光分岐挿入装置に関する他の応用例を示す構成図である。

【図17】一般的なインターリーバの特性を説明する図である。

【符号の説明】

10 10 分波器(合波器)

11-1 ~ 11-2 m 1×m光スイッチ(m×1光スイッチ)

11-1' ~ 11-2 m' 1×R光スイッチ(R×1光スイッチ)

12-1 ~ 12-m, 12-R 合波器(分波器)

13-1 ~ 13-R 分波器(合波器)

13A, 13B 合波器(分波器)

13C インターリーバ

20 20-1 ~ 20-m 光送信器

21, 33, 45 制御回路

22 光ポストアンプ

23, 32, 44, 46 監視制御信号処理部

30, 43A, 43B 光プリアンプ

31-1 ~ 31-m 光受信器

40A 分波部

40B 合波部

41-1 ~ 41-m 2×2光スイッチ

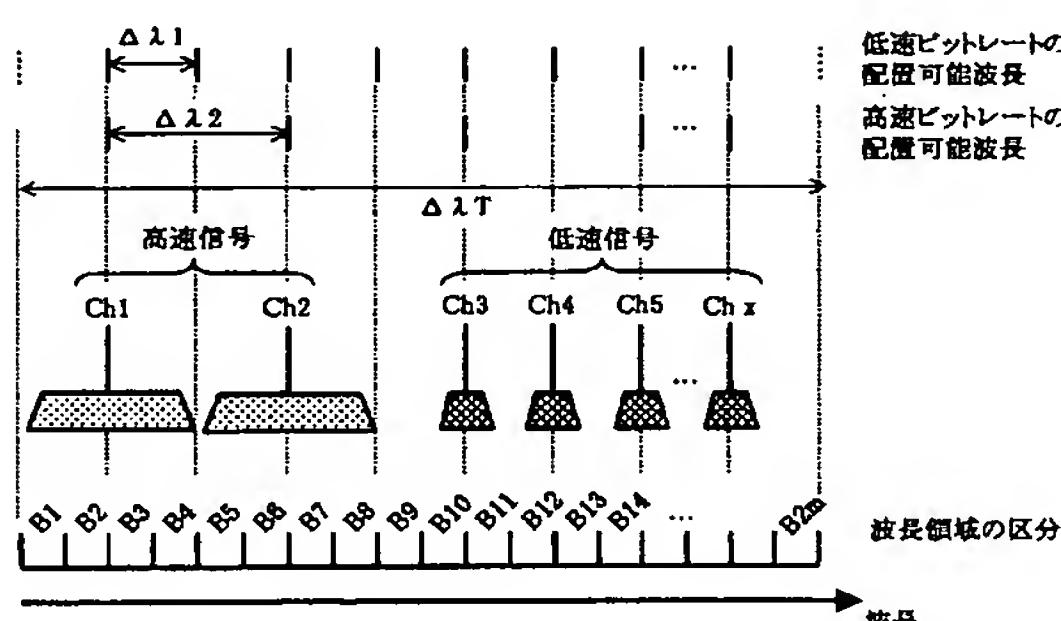
42-1 ~ 42-m 可変光減衰器

100, 100', 100" 光送信端局装置

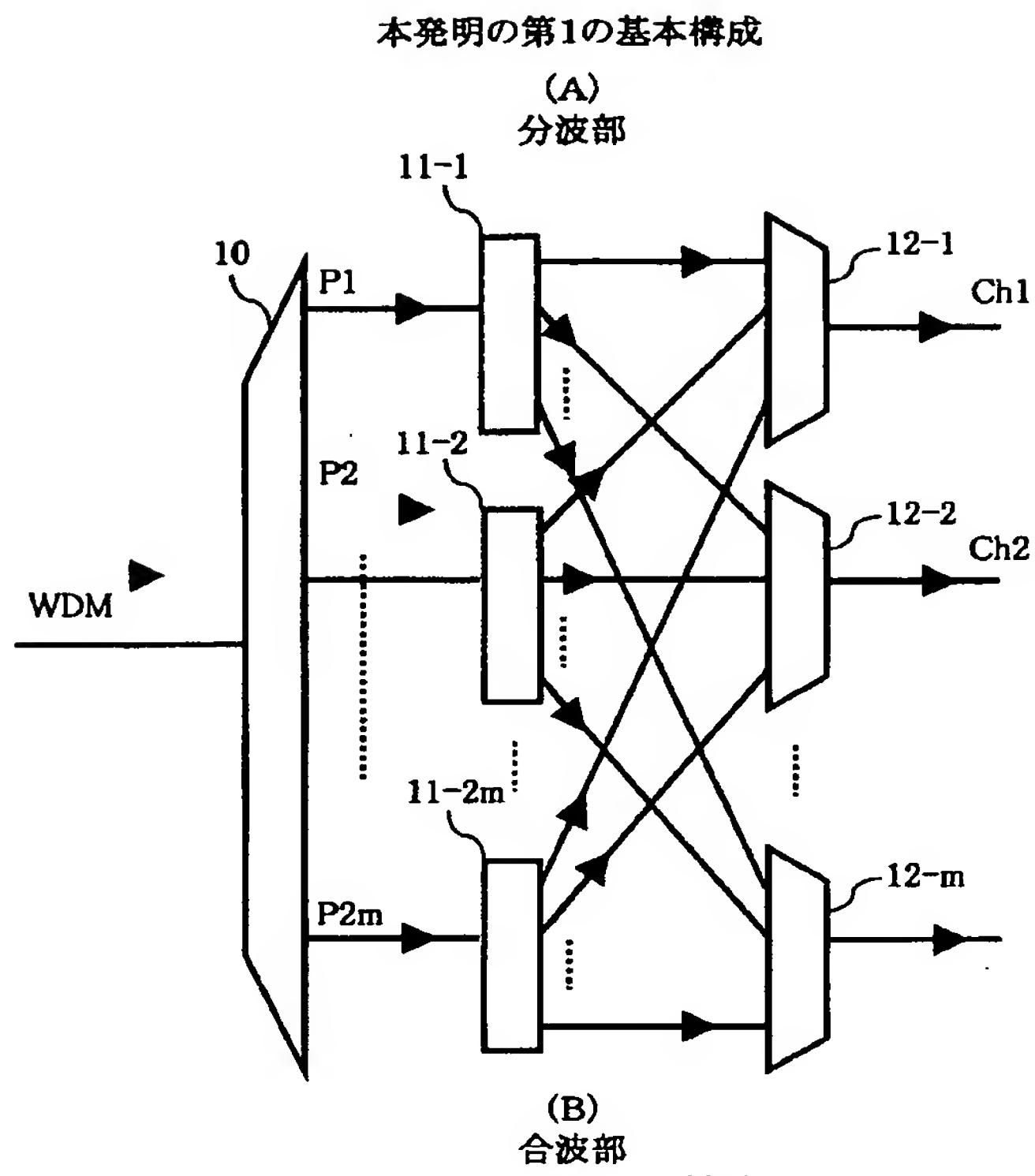
110, 110', 110" 光受信端局装置

140 光分岐挿入装置

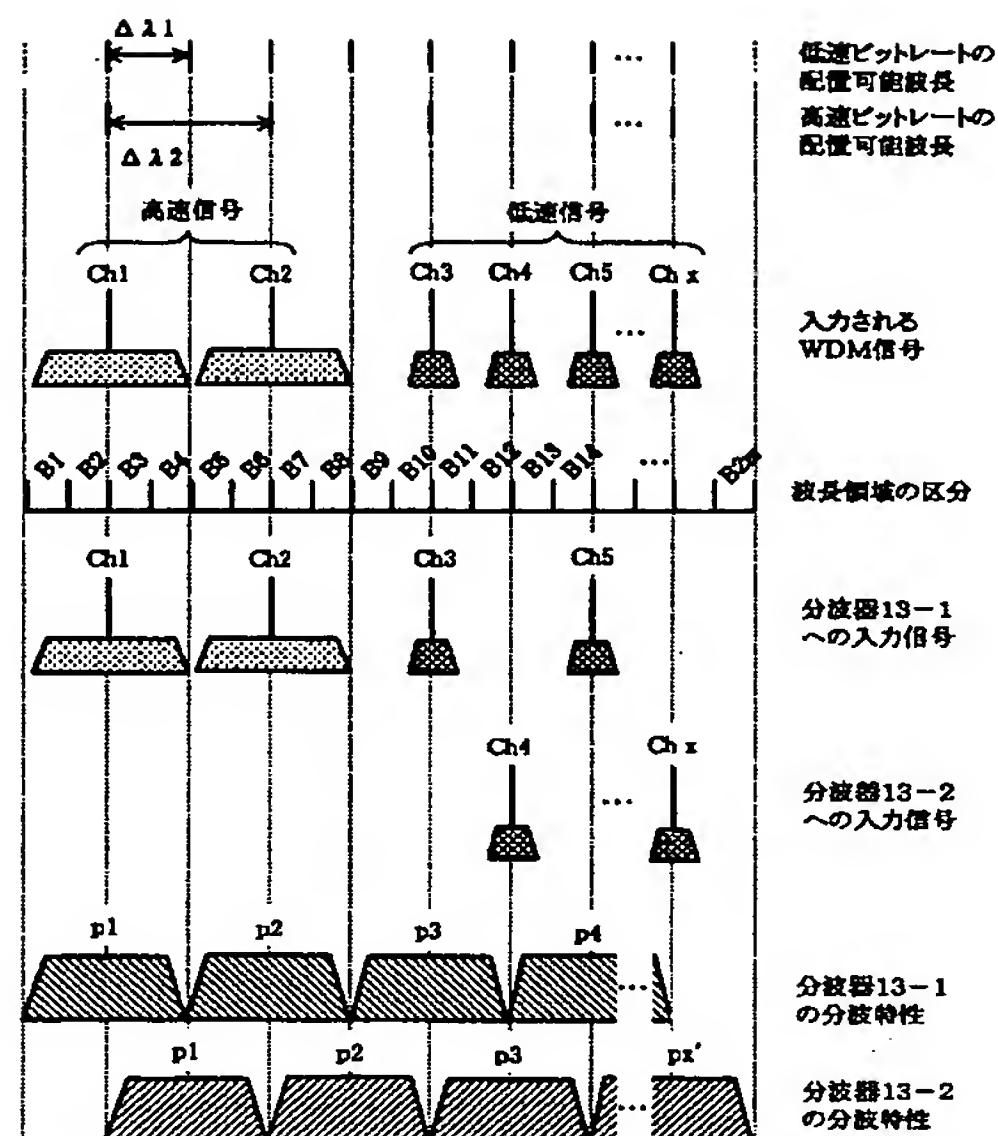
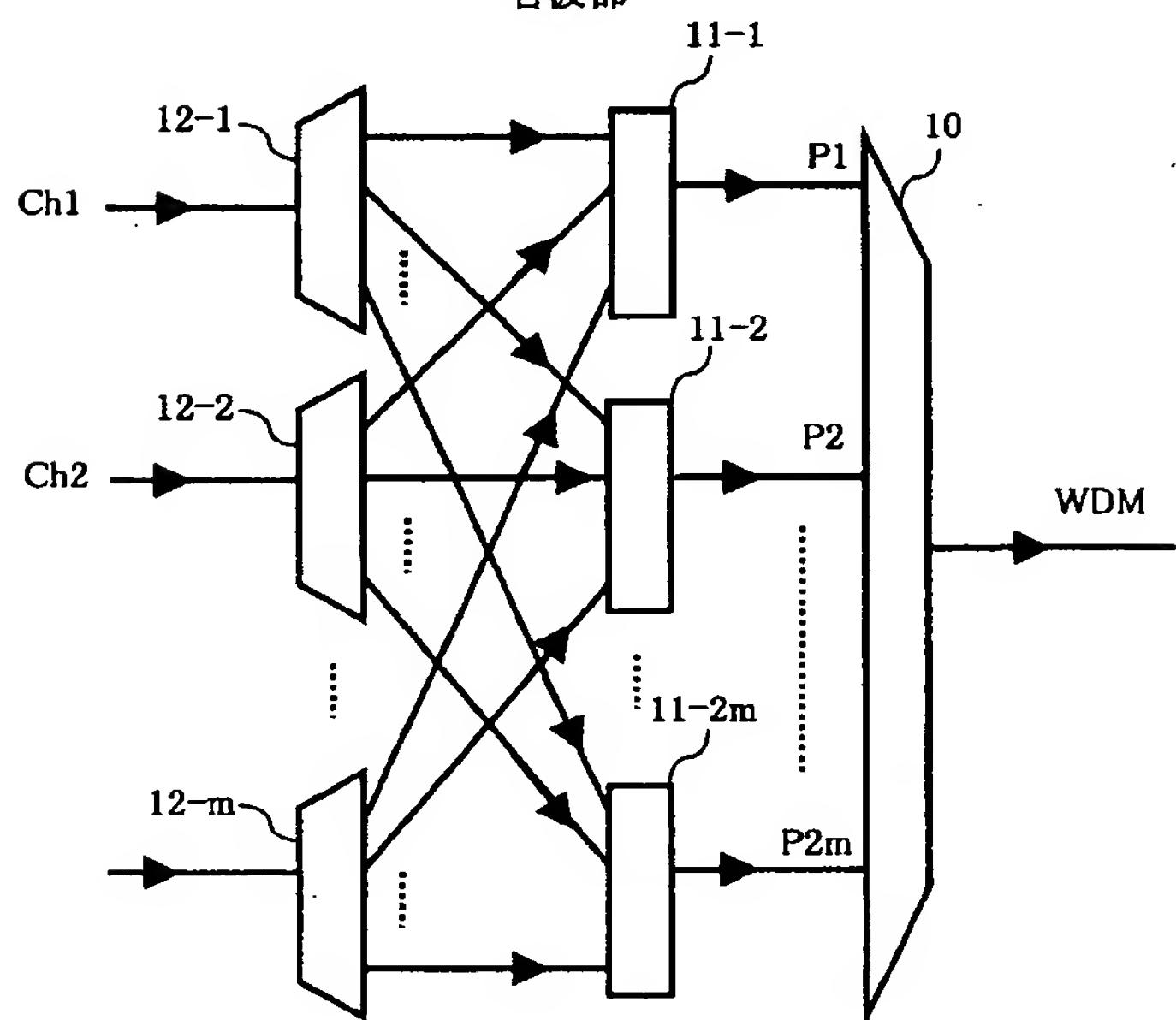
【図2】



【図1】

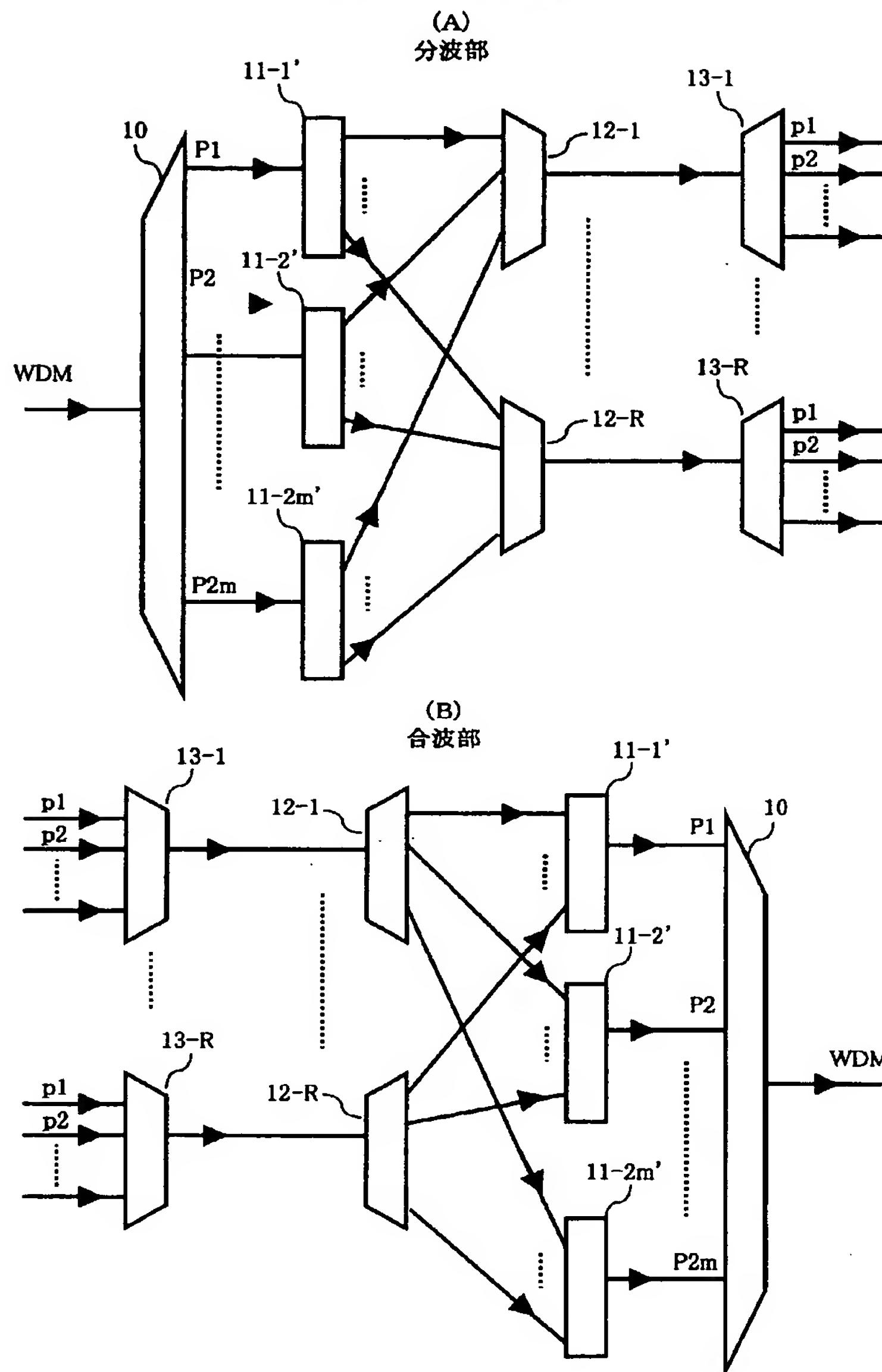


【図4】

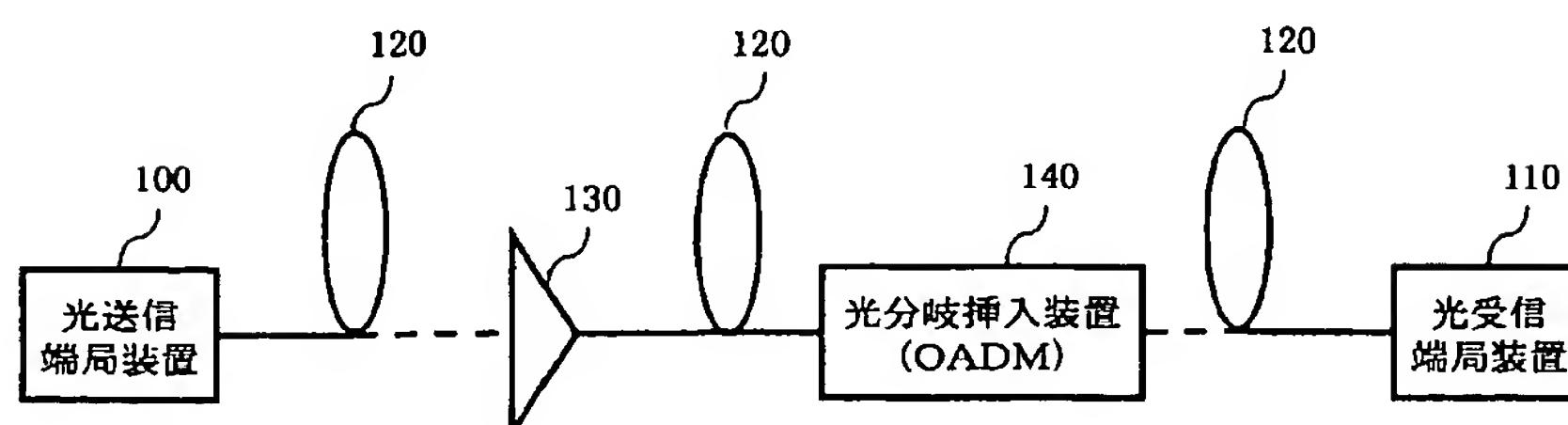
(B)  
合波部

【図3】

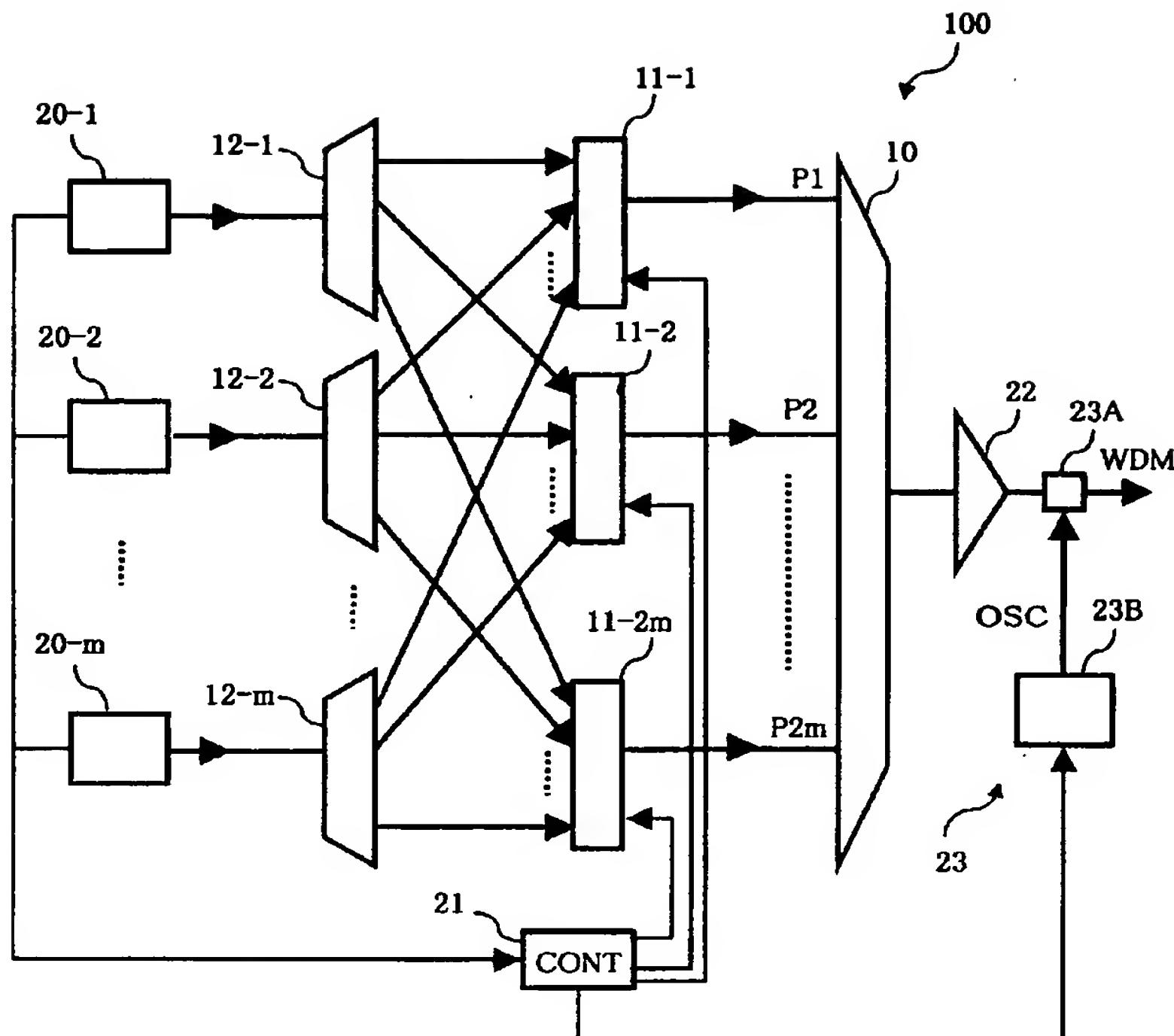
## 本発明の第2の基本構成



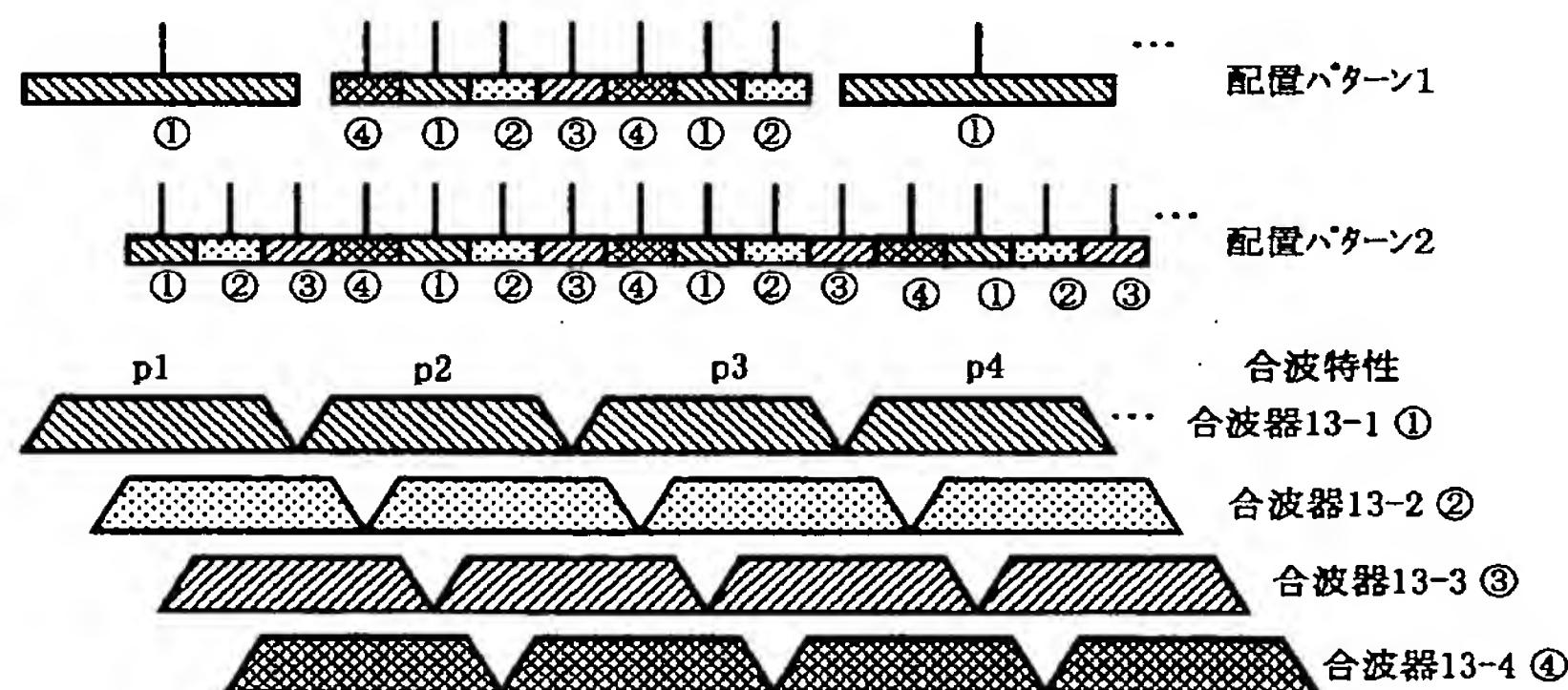
【図5】



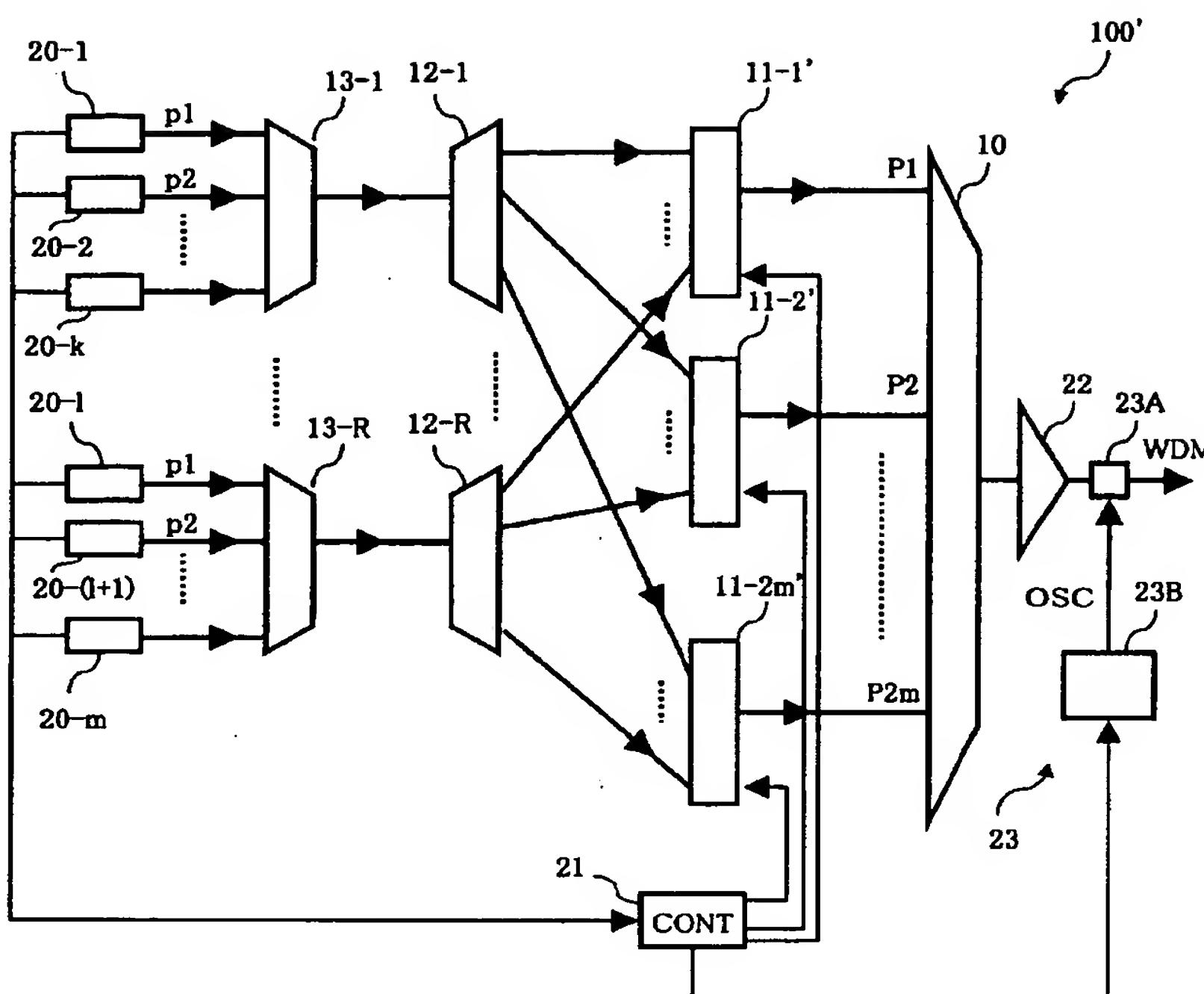
【図6】



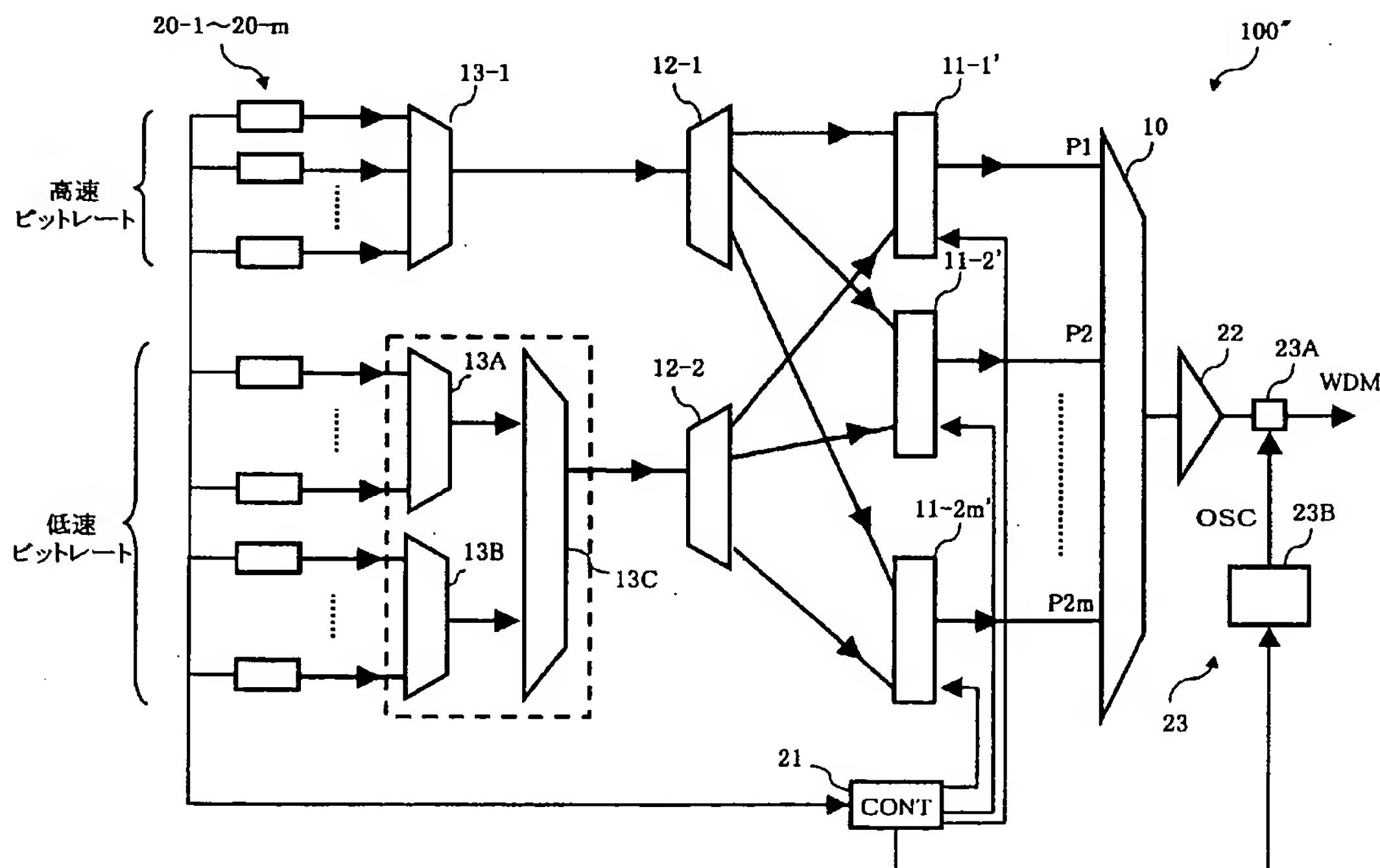
【図8】



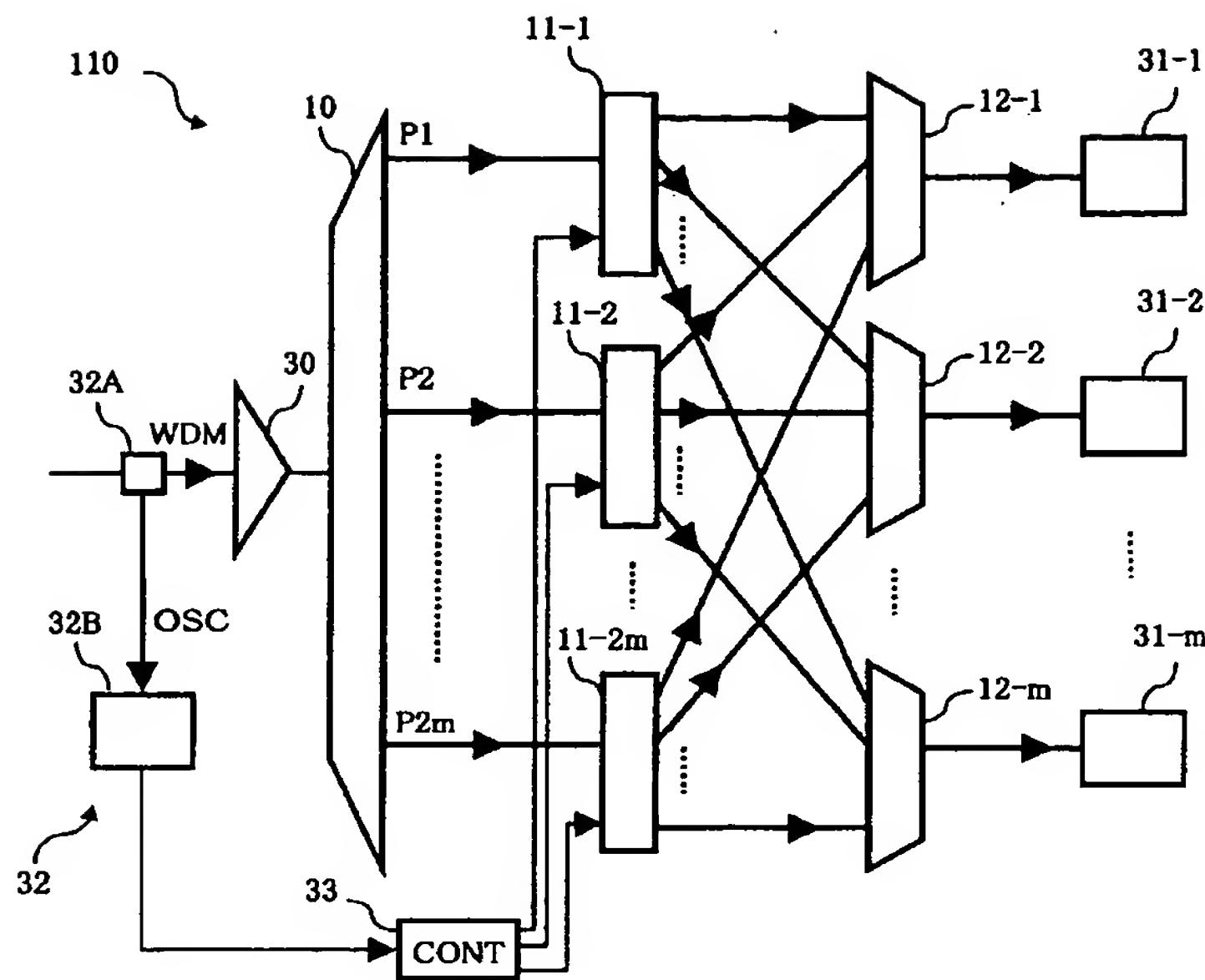
【図7】



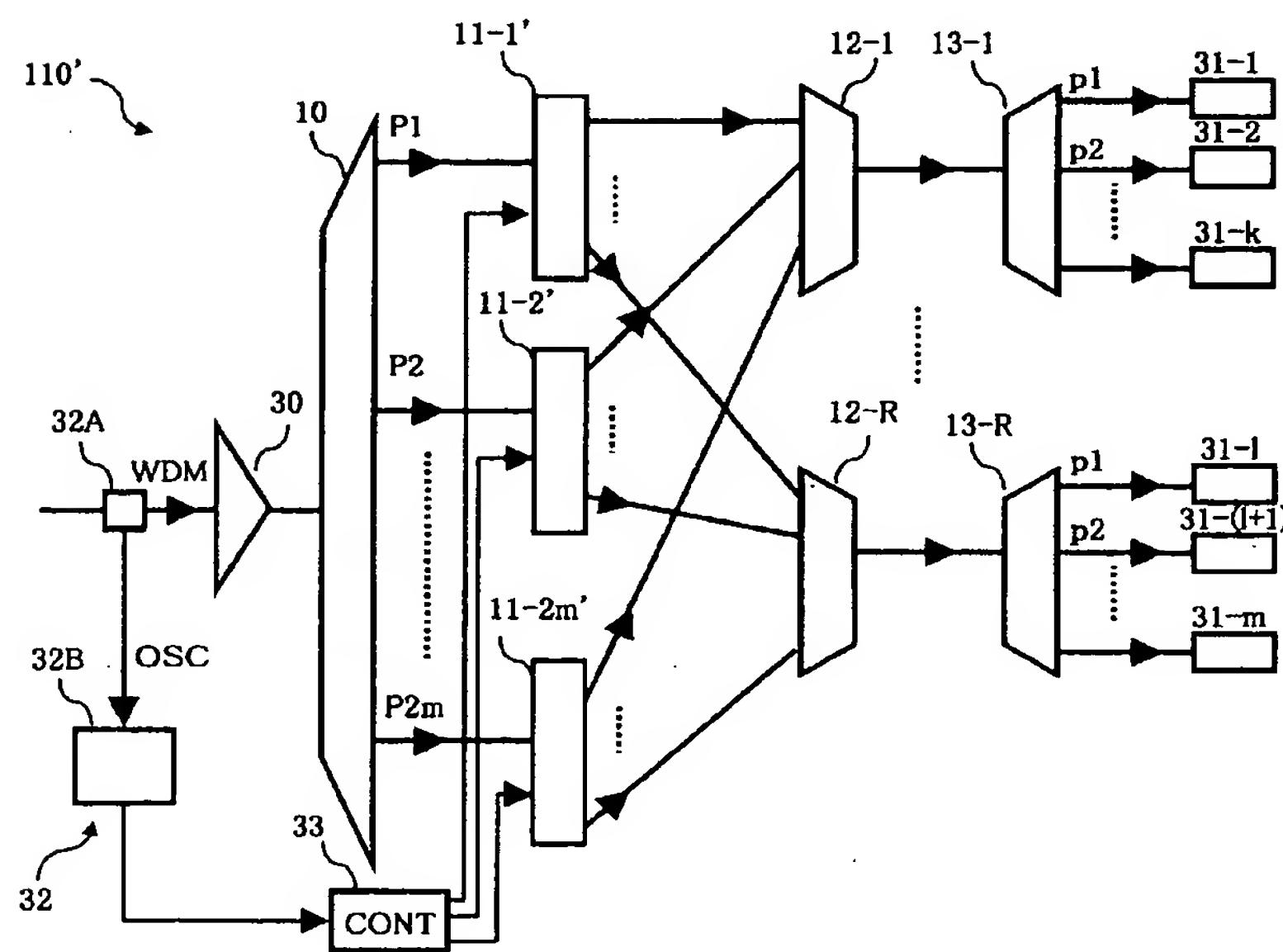
【図9】



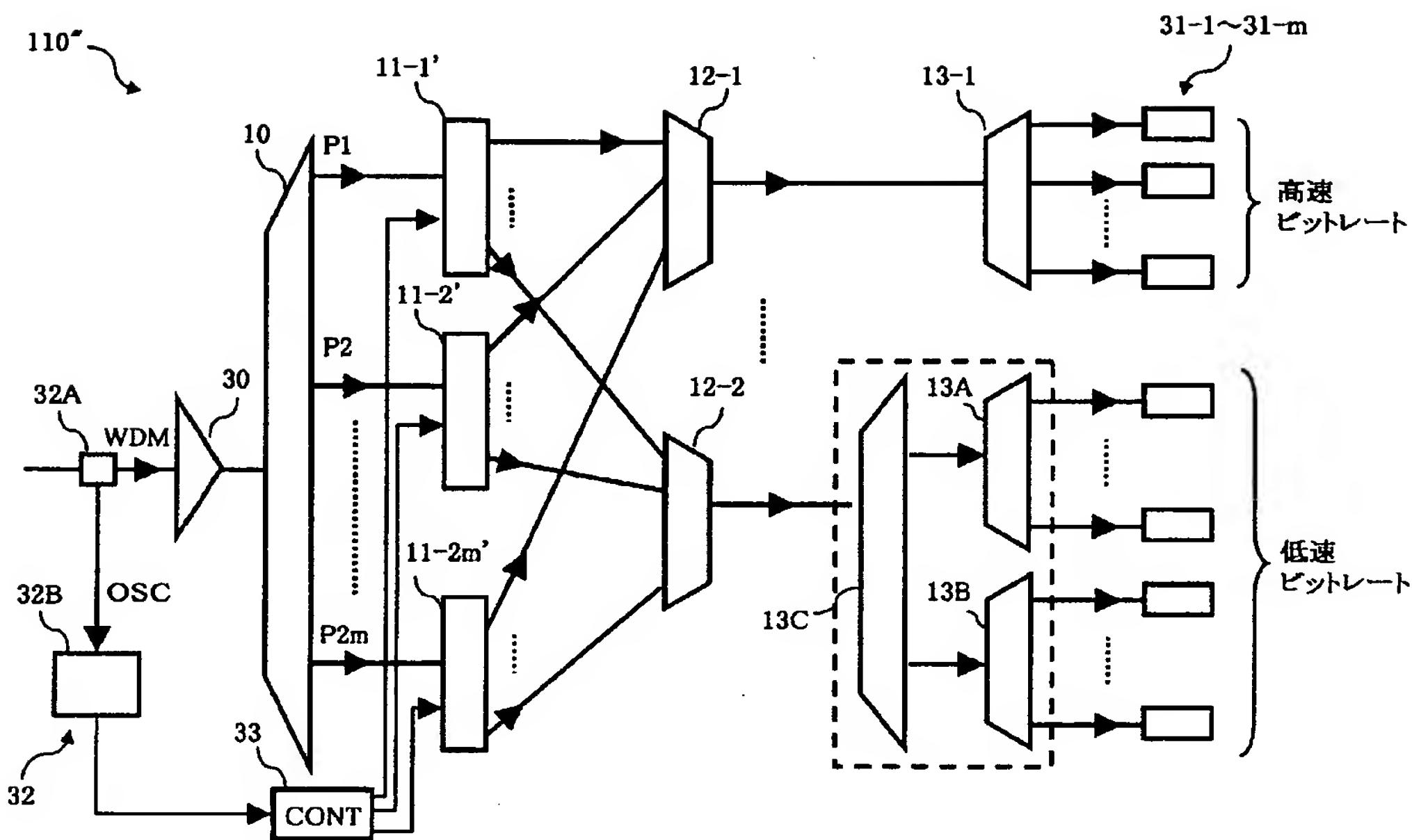
【図10】



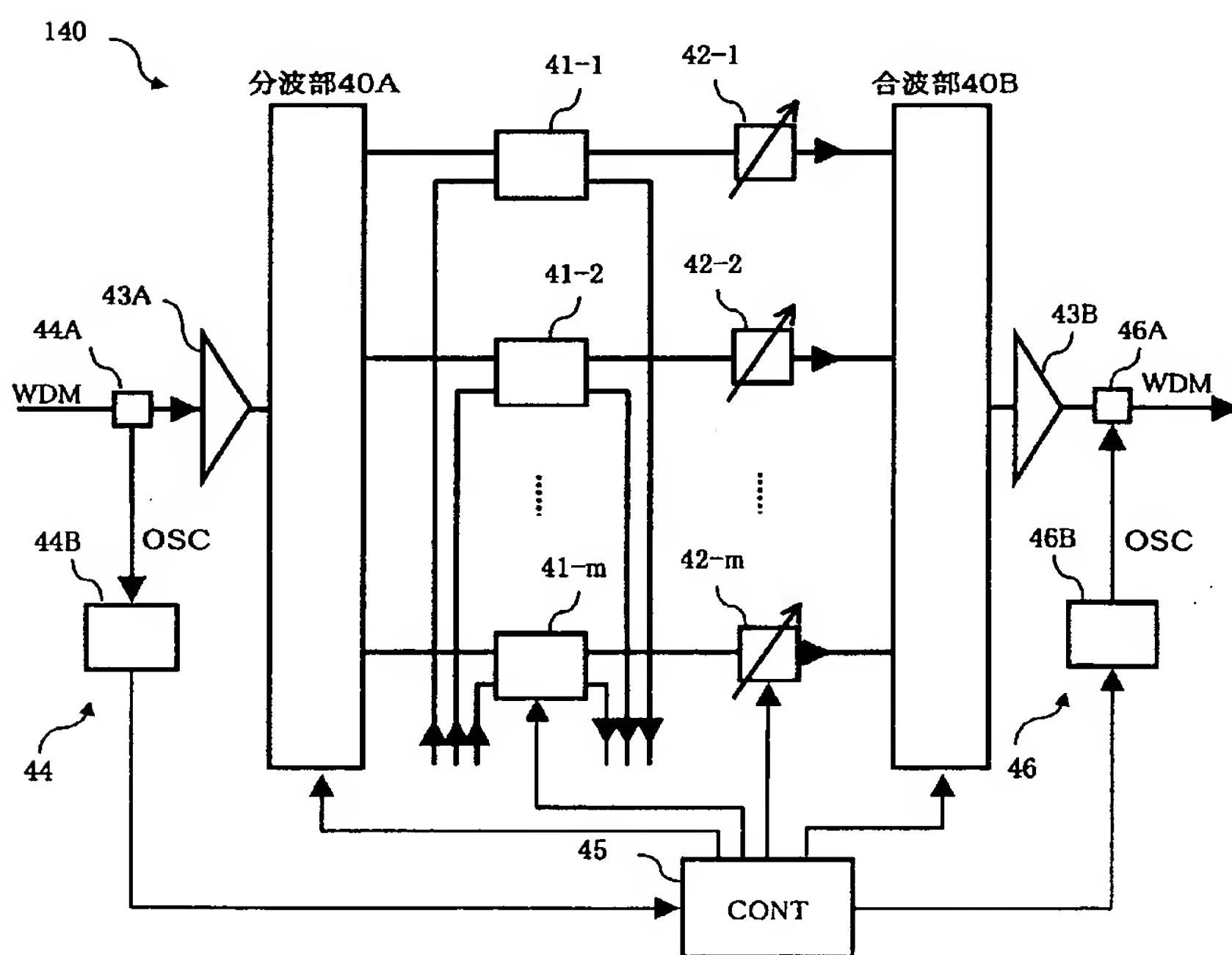
【図11】



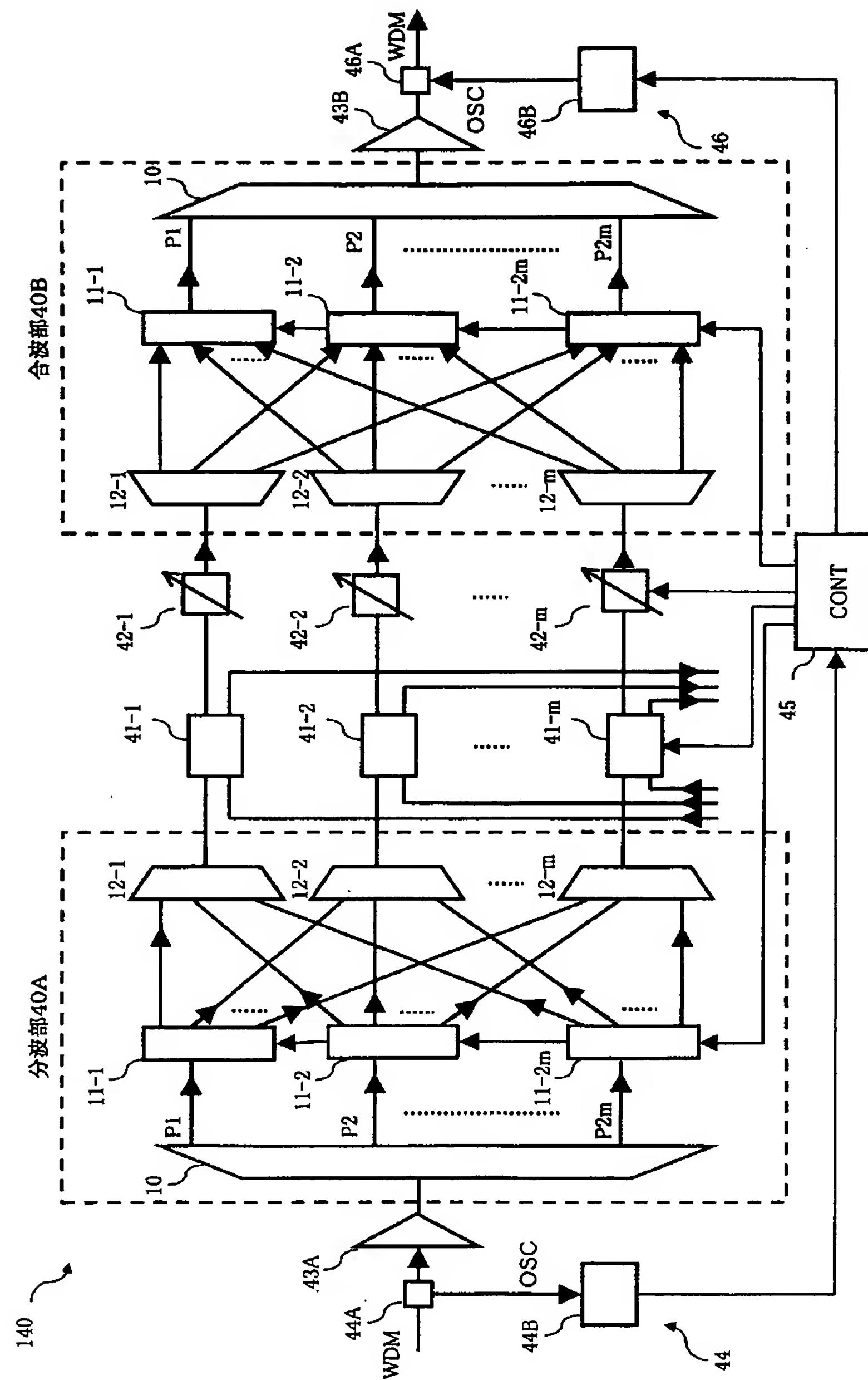
【図12】



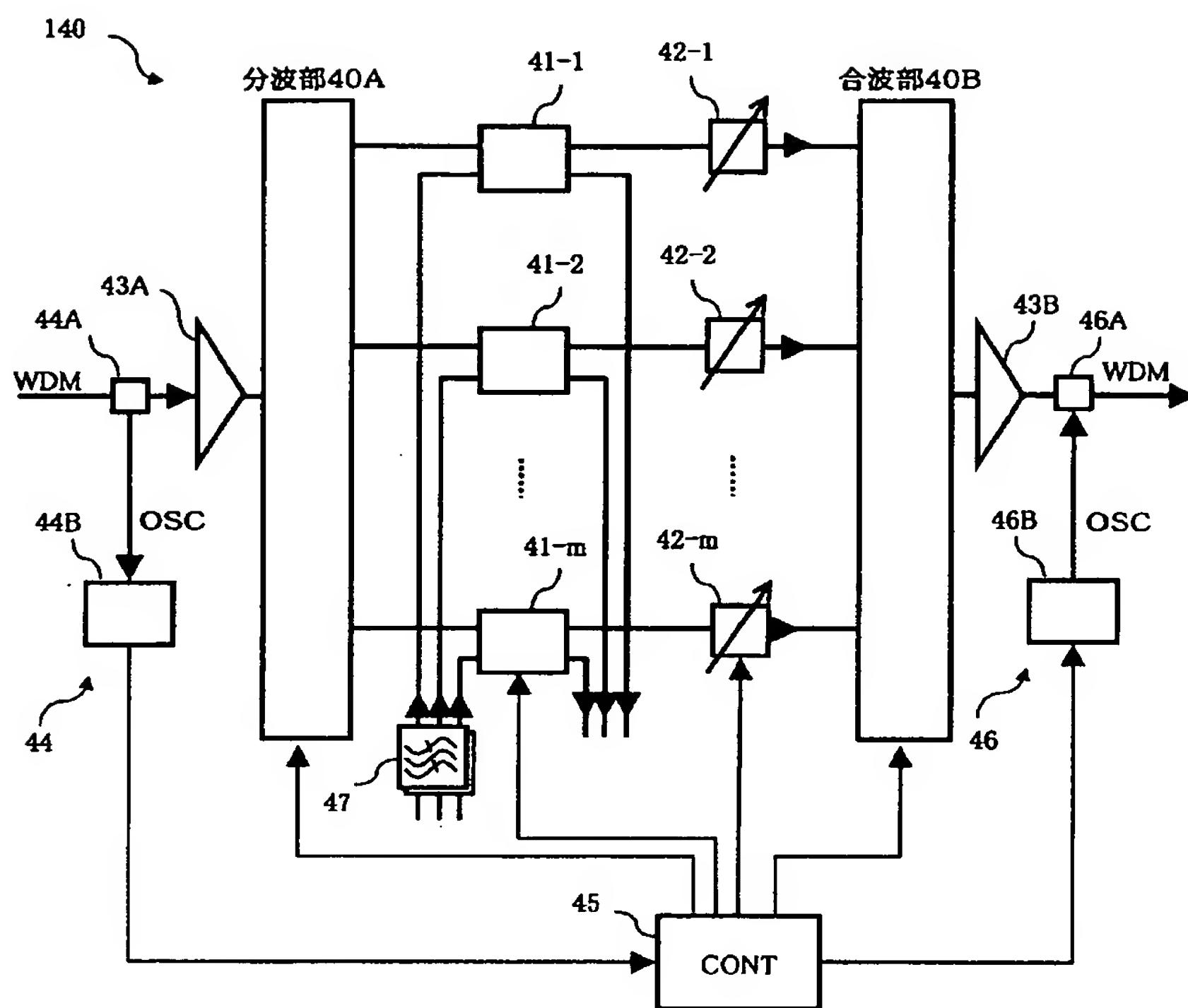
【図13】



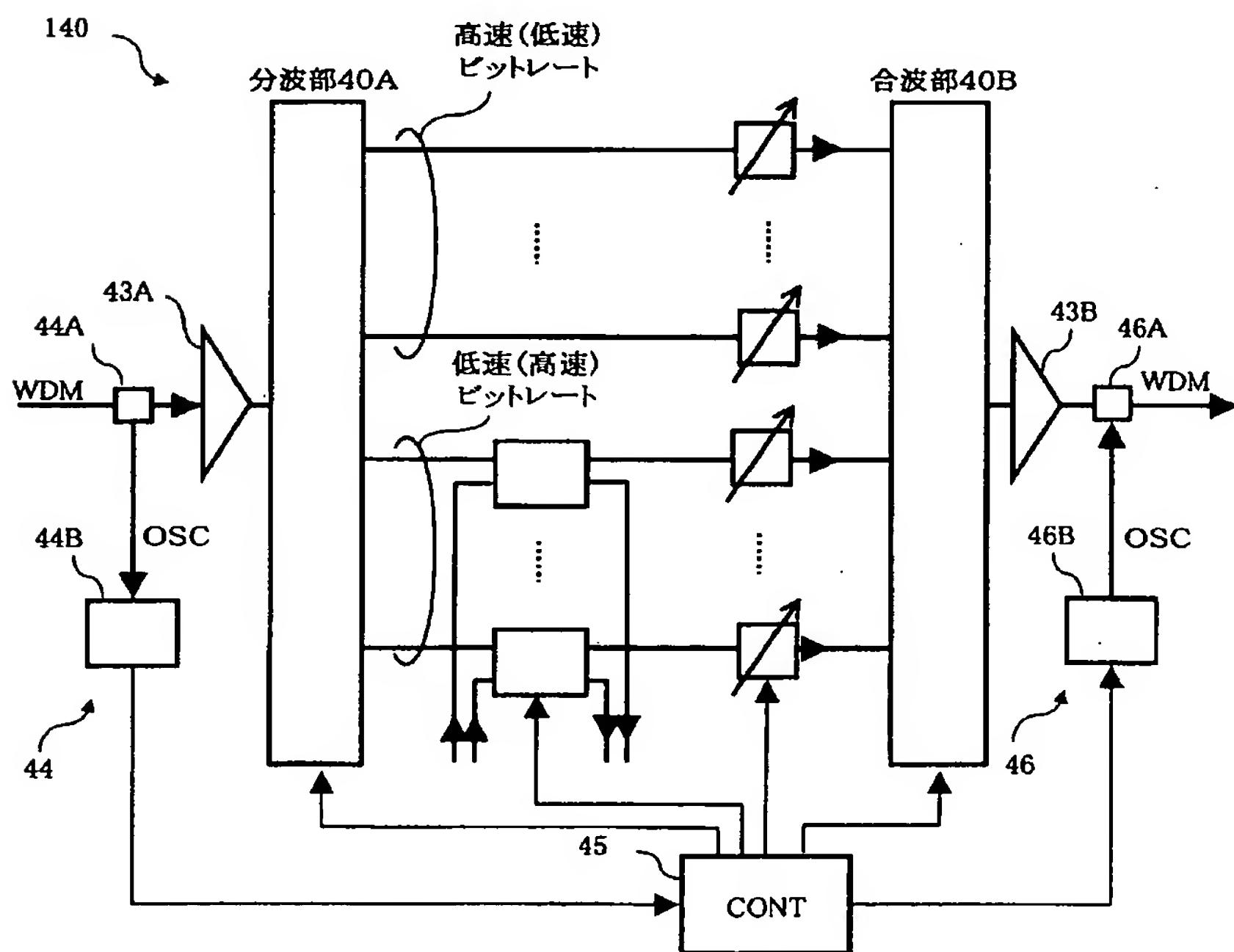
【図14】



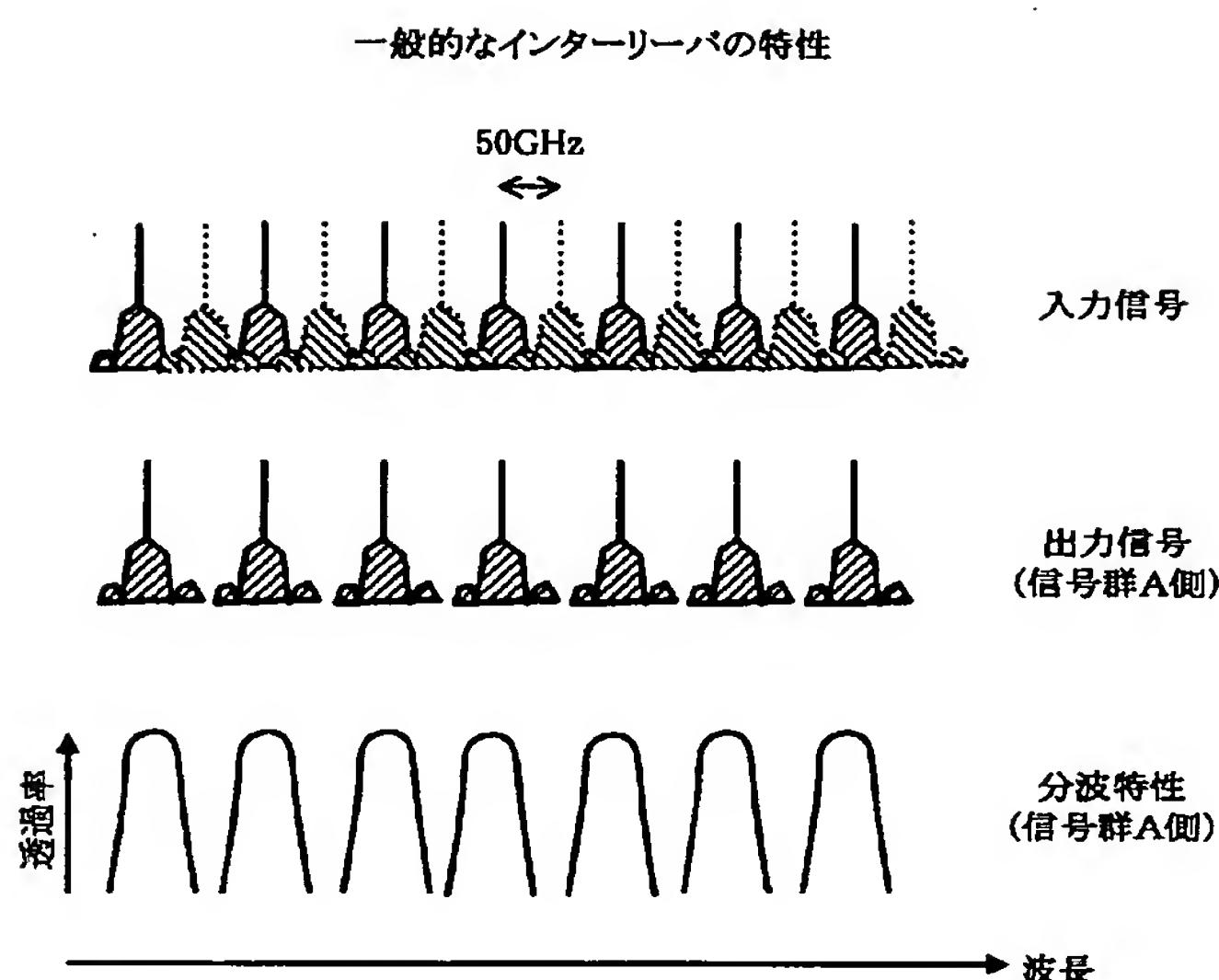
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 04 B 10/02

識別記号

F I

テーマコード(参考)

(72) 発明者 近間 輝美

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番

1号 富士通株式会社内

F ターム(参考)

2K002 AA02 AB04 DA14 GA07

5K002 AA01 AA03 AA05 BA05 BA06

DA02 DA05 FA01

5K069 BA09 CB10 DB33 EA24